



95

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**"PANORAMA ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE
MANUFACTURA FLEXIBLE"**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
JORGE RODRIGUEZ GONZALEZ**

ASESOR: M.J. FELIPE DIAZ DEL CASTILLO RODRIGUEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2001

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PAGINACION DISCONTINUA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
ESTADO DE QUERÉTARO
CIUDAD DE QUERÉTARO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Panorama actual de los sistemas de manufactura flexible

que presenta el pasante: Jorge Rodríguez González
con número de cuenta: 021022840 para obtener el título de:
Ingeniero Mecánico-Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI PAZ A HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 7 de noviembre de 2001

PRESIDENTE

Ing. José Antonio Gómez González

VOCAL

Ing. Enrique Cortés González

SECRETARIO

M. I. Felipe Díaz del Castillo Padilla

PRIMER SUPLENTE

Ing. Humberto Neri Mondragón

SEGUNDO SUPLENTE

Ing. Eusebio Reyes Caranza

Agradecimientos

A mi madre:

Gracias por el enorme sacrificio y paciencia que has tenido conmigo. Ten la seguridad que no fallaré a la confianza que has depositado en mí.

A mis hermanos:

Gracias por el apoyo brindado durante el transcurso de la carrera. Pero sobre todo quiero agradecer de forma especial a mi hermana Margarita por el enorme apoyo que siempre me ofreció y porque estuvo conmigo cuando más la necesite. Tal vez sin ti no hubiera terminado la carrera, fuiste de las personas que más me apoyaron en los momentos difíciles... gracias por creer en mí.

A Diana:

Porque con tu cariño y ternura fuiste una fuente de inspiración muy importante durante la última etapa de mi carrera. Gracias por tus consejos, tus ánimos y por tus ganas de salir adelante que me contagiaron. Gracias por ser tan especial.

A mis amigos:

Quiero agradecer a todos mis amigos de la facultad que de una forma u otra fueron parte de mi formación académica y personal y que, afortunadamente, son bastantes. Me siento una persona muy afortunada porque siempre conté con verdaderos amigos. Nombrarlos a todos llevaría muchas páginas; pero no puedo dejar de mencionar a Manuel, compañero de escuela desde que éramos niños, gracias por tu amistad de hermano. Gracias también a Oscar y Cesar por su amistad. Además, quiero agradecer la amistad y apoyo que siempre me brindaron Judith, Silvia y Adriana, las quiero mucho. Finalmente quiero agradecer a todos los amigos de la Representación Estudiantil de IME, sigan adelante con sus ideales.

Al Ing. Felipe:

Le doy las gracias por haberme asesorado en la realización de la presente tesis y por el apoyo incondicional que siempre me brindó durante mi estancia en la facultad. Profesores como usted hacen grande a la facultad.

A la FES-C

Agradezco a la FES-C la oportunidad que me dio de cursar mi carrera profesional en sus instalaciones y permitir mi formación académica y personal, y en general, a la máxima casa de estudios: Universidad Nacional Autónoma de México que desde el CCH me hizo pensar que el sueño de ser ingeniero podía ser una realidad. Por último quiero agradecer a todos los profesores de la FES-C por sus enseñanzas.

A TODOS GRACIAS

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
--------------	---

CAPITULO 1

SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE

1.1 Definición de un Sistema de Manufactura Flexible	8
1.2 Componentes tecnológicos de un SMF	12
1.2.1 Computadora central	12
1.2.2 Máquinas controladas numéricamente	13
1.2.3 Sistemas para el manejo de materiales	15
1.2.4 Sistemas para el transporte de materiales	15
1.3 Clasificación de los SMF	16
1.3.1 La célula flexible	17
1.3.2 Líneas flexibles	17
1.3.3 El taller flexible	17
1.4 Sistemas CAD/CAM	19
1.5 Programación automática	19
1.6 Tecnología de grupos	21
1.7 Logística	21
1.8 Layout	22
1.9 Ventajas y desventajas de un SMF	22

CAPITULO 2
MÁQUINAS CNC

2.1 Introducción	24
2.2 Configuración de los ejes y su identificación	26
2.3 Tipos de movimiento	28
2.3.1 Movimiento punto a punto	28
2.3.2 Movimiento lineal	29
2.3.3 Movimiento circular	29
2.4 Sistemas de programación	30
2.4.1 Sistema incremental	30
2.4.2 Sistema absoluto	30
2.5 La programación automática	32
2.6 Lenguajes generales y específicos	33
2.6.1 Lenguajes generales	33
2.6.2 Lenguajes específicos	34
2.7 Lenguaje usado por la unidad NC	34
2.7.1 Códigos especiales	34
2.7.2 Códigos G	35
2.7.3 Códigos M	36

2.8 Ciclos enlatados (Canned Cycles)	37
2.8.1 Ciclo de cilindrado o torneado (G71)	37
2.8.2 Ciclo de careado o refrentado (G72)	39
2.8.3 Ciclo de barrenado (G74)	40
2.8.4 Ciclo de roscado (G76)	40
2.8.5 Ciclo enlatado (G82)	42
2.9 La herramienta en la máquina CNC	43
2.10 Funciones auxiliares	44
2.10.1 Refrigeración	44
2.10.2 Evacuación de virutas	45
2.10.3 Limpieza de piezas y máquina	45
2.10.4 Mantenimiento preventivo	46
2.11 Principales ventajas y desventajas del control numérico	46

CAPITULO 3 ROBOTS

3.1 Historia de los robots	49
3.2 Definición de un robot	51
3.3 Clasificación de los robots	53
3.3.1 Manipuladores de ciclo fijo y programables	54
3.3.2 Robot de aprendizaje	55
3.3.3 Robot de control numérico	55
3.3.4 Robot inteligente	55
3.4 Tipos de robots	56
3.4.1 Androides	56
3.4.2 Robots móviles	57
3.4.3 Robots médicos	58
3.4.4 Robots industriales	58
3.4.5 Teleoperadores	59
3.5 Estructura de un robot industrial	60
3.5.1 Manipulador o brazo	61
3.5.2 Controlador	62
3.5.3 Elementos motrices	63
3.5.4 Elemento terminal	64
3.5.5 Sensores de información	65
3.6 Grados de libertad	65
3.7 Redundancias	65
3.8 Posicionamiento	65
3.8.1 Coordenadas esféricas o polares	66
3.8.2 Coordenadas cilíndricas	66
3.8.3 Coordenadas cartesianas	67
3.8.4 Coordenadas angulares	68

3.9 Sistemas de programación y control	70
3.9.1 Programación mediante dispositivos físicos	70
3.9.2 Enseñando punto a punto mediante un miniteclado	70
3.9.3 Enseñando mientras se acompaña al elemento terminal en toda la trayectoria	70
3.9.4 Programación textual	70
3.10 Aplicaciones industriales	71
3.11 Ventajas y desventajas de los robots industriales	73

CAPITULO 4 SISTEMAS PARA EL TRANSPORTE DE MATERIALES

4.1 Introducción	76
4.2 Bandas transportadoras (Conveyors)	77
4.3 Brazo manipulador (robot)	79
4.4 Grúa transportadora	79
4.5 Vehículos automáticamente guiados	79
4.5.1 Sistemas de guiados en los AGV	81
4.5.2 El óptico	81
4.5.3 El guiado inductivo o filoguiado	82

CAPITULO 5 APLICACIONES

5.1 Entorno mundial	85
5.2 Automatización de una línea de producción en una embotelladora	86
5.2.1 La instalación	86
5.2.2 El problema presentado	87
5.2.3 La solución	87
5.2.4 Beneficios adicionales	88
5.3 Corte y manejo de vidrio	88
5.3.1 La instalación	89
5.3.2 El problema presentado	90
5.3.3 La solución	90
5.4 Producción de azulejos de plástico	91
5.4.1 La unidad de producción	92
5.4.2 El problema presentado	92
5.4.3 La solución	93
5.4.4 Mejoras permanentes	94
5.5 Línea robotizada de lacas	94
5.5.1 La línea de lacas	95
5.5.2 El problema planteado	96
5.5.3 La solución	96
5.5.4 Una mejor calidad	97

5.6 Línea flexible de ensamblado	97
5.6.1 El objetivo	98
5.6.2 La fabricación	99
5.6.3 La estructura	99
5.6.4 La ejecución del proyecto	99
5.6.5 La fábrica del futuro	100
CONCLUSIONES	101
BIBLIOGRAFÍA	103

INTRODUCCIÓN

En el comienzo, los hombres eran semisalvajes y se hallaban indefensos ante las fuerzas de la naturaleza. Se alimentaban principalmente de los vegetales que encontraban en la naturaleza, tales como raíces, frutos silvestres, nueces, etc. El hombre fue nómada porque dependía directamente de lo que la naturaleza le proporcionaba; se dedicaba a la recolección de frutos, a la caza y pesca, siguiendo el curso de los ríos, ya que también necesitaba agua. Se trataba de una sociedad de autoconsumo porque todo lo que producía se destinaba a satisfacer las necesidades de alimentación para sobrevivir.

Pero con el paso del tiempo el hombre adquirió experiencia y descubrió que tenía la capacidad de razonar, cualidad que lo diferenciaba del resto de las especies. Entendió que podía mejorar sus condiciones de vida y esa ha sido la constante a partir de ese entonces. Al hombre lo separa del mundo animal su actividad laboral social que lleva a cabo con los instrumentos de trabajo elaborados por él artificialmente.

A lo largo de la historia, el hombre ha buscado los métodos que le permitan tener mejores niveles de vida; cuando aprendió que tenía que cazar animales para comer, se dio cuenta que necesitaba de armas que le permitieran matar animales más grandes que él, así, en un principio usó piedras y palos.

Sin saberlo, le dio vida a procesos de manufactura y producción. La remoción de material, como medio de manufactura se remonta a aquéllos tiempos cuando el hombre aprendió a tallar la madera y esculpir las piedras para hacerlos sus instrumentos de caza y labranza. Algunos de los procesos como fundición, forja y molienda se remontan a más de 6000 años que surgen con la aparición de algunos metales, en esos tiempos los artesanos de estos procesos gozaban de gran respeto y prestigio.

Apareció el cobre y con él grandes cambios, se fabricaron armas, utensilios, hubo división del trabajo, etc. Se descubrió que se podía combinar con otros metales y que, al combinarlo con estaño se obtenía un metal mucho más fácil de trabajar llamado bronce, y

a éstos periodos comprendidos aproximadamente entre los años 6000 y 1200 A.C. se les conoce como la edad del cobre y la edad del bronce. Posteriormente se descubrió el hierro y de inmediato se aprendió que era más duro que el bronce, adquiría un mejor filo y era más fuerte. Sin embargo donde alcanzó gran auge fue durante la Edad Media al emplearse para fabricar armaduras, lanzas, espadas, etc.

La inquietud del hombre de buscar mejorar su nivel de vida lo ha llevado a conseguir grandes descubrimientos y fabricar una innumerable cantidad de artículos que nos permiten, hoy en día, vivir con comodidad. Como ejemplo de ello, es la fabricación de la primera estufa de hierro en el siglo XVII. Alrededor del año 1600 se practicaba el laminado del plomo y del estaño en molinos manuales. Para el año 1700, el hierro ya se laminaba en caliente en Alemania, Bélgica, Francia, Inglaterra y Suecia. Estos molinos se usaron para hacer lámina a partir de barras de hierro.

Henry Maudsley desarrolló el primer torno cortador de tornillos alrededor de 1800 (figura 1). A Eli Whitney se le acredita el desarrollo de la primera máquina fresadora en Estados Unidos, alrededor de 1818.

La Revolución Industrial (1760-1830) tuvo un impacto importante sobre la producción en varios sentidos. Marcó el cambio de una economía basada en la agricultura y las artesanías a otra apoyada en la industria y la manufactura. El cambio se inició en Inglaterra donde se inventaron una serie de máquinas que reemplazaron la fuerza del agua, del viento y de los animales de tiro por la fuerza de vapor. Este hecho histórico contribuyó al desarrollo de la manufactura con las siguientes aportaciones: La máquina de vapor de Watt, una nueva tecnología generadora de fuerza motriz para la industria. El desarrollo de máquinas herramienta, que se inicia con la máquina de taladrar de John Wilkinson alrededor de 1775. La invención de la máquina de hilar, telar a motor, y otros equipos para la industria textil que permitieron aumentos importantes de productividad.

Mientras Inglaterra tomaba la delantera en la Revolución Industrial, en Estados Unidos se introducía un concepto importante: la manufactura de partes intercambiables. Se ha dado todo el crédito de esta idea a Eli Whitney. La manufactura de partes

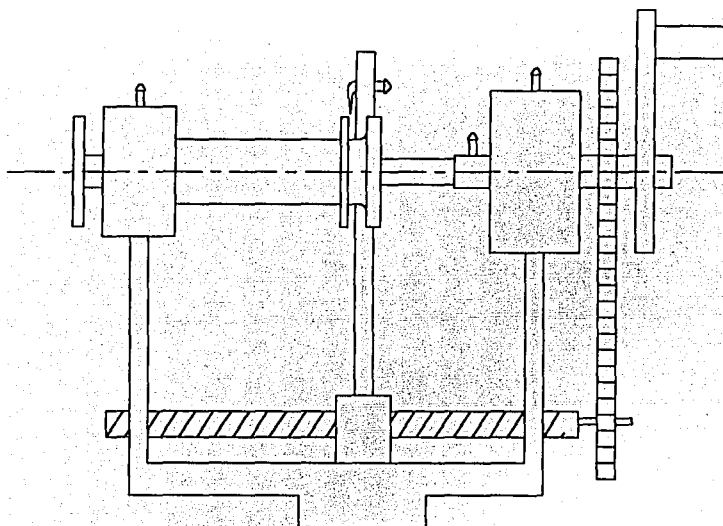


Figura 1 Primer torno desarrollado

intercambiables requirió de muchos años de desarrollo antes de llegar a ser una realidad práctica, sin embargo revolucionó los métodos de manufactura al grado de convertirse en un prerequisite para la producción masiva.

Hacia 1881, se había construido en la ciudad de Nueva York la primera estación generadora de electricidad, y pronto los motores eléctricos se comenzaron a usar como fuentes de poder para operar la maquinaria de las fábricas. Hacia 1920 la electricidad había desplazado al vapor como fuente principal de fuerza motriz en las fábricas americanas.

Henry Ford introdujo la línea de ensamble en 1913 en su planta de Highland Park. La línea de ensamble hizo posible la producción masiva de productos complejos de consumo. El uso de los métodos de ensamble en línea permitió a Ford vender un automóvil modelo T a sólo 500 dólares, poniendo al alcance de un gran segmento de la población americana la posibilidad de poseer un automóvil.

Los antecedentes más próximos de los sistemas de manufactura flexible se dan en Estados Unidos a principios del siglo XX, cuando Henry Ford incorpora en su planta de automóviles líneas de ensamble manual, que se fundamentan en dos principios básicos: por un lado la división del trabajo y el segundo es el de las partes intercambiables. Una línea de ensamble manual consiste en múltiples estaciones de trabajo ordenadas en forma secuencial en las cuales trabajadores humanos ejecutan operaciones de ensamble.

Ford diseñó una línea de ensamble para producir volantes de generadores eléctricos. El resultado fue un aumento considerable en la productividad. Motivado por el éxito, Ford aplicó técnicas de líneas de ensamble a la fabricación de chasises usando transportadores impulsados por cadenas y estaciones de trabajo.

Conforme pasaba el tiempo, las piezas de forma complicada se hicieron más comunes, y por lo tanto, fabricarlas era cada vez más difícil. Durante la segunda guerra mundial, la armada de los Estados Unidos comisionó a John Parsons para que diseñara, en colaboración con el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT), una máquina capaz de producir sobre todo partes de avión complicadas y cada vez más sofisticadas. El

resultado fue la máquina de control numérico. Estas máquinas son controladas por una serie de datos alfanuméricos codificados que controla las acciones de un equipo, constituyendo los llamados bloques de información y que se introducen a la máquina por medio de cinta perforada o cinta magnética y la máquina los procesa uno a uno.

El concepto de sistemas de manufactura flexible lo introduce un ingeniero inglés de nombre David Williamson a mediados de la década de los sesenta y requirió primero el desarrollo previo del control numérico. El concepto original incluía el control computarizado de las máquinas de control numérico, la producción de diversas partes y depósitos capaces de contener diversas herramientas para diferentes operaciones de maquinado.

Sin embargo, el concepto tardó algunos años en desarrollarse y no fue sino hasta las dos últimas décadas donde ha habido grandes cambios en los sistemas de producción industrial en el ámbito mundial. Se tuvo la necesidad de cambiar los sistemas tradicionales de producción por sistemas flexibles para ajustarse a un mercado cada vez más exigente que rebasaba ya los límites tradicionales.

Se ha demostrado que las fábricas convencionales, diseñadas para elaborar un producto estándar en serie se encuentran, por un lado, con exceso de capacidad productiva por encima del nivel de demanda y, por otro, con la imposibilidad de atender las diferentes variantes que pudiera sufrir el producto estándar a costos razonables.

En la actualidad, es fundamental para cualquier empresa la eficiencia de su sistema de producción, para conseguir la rentabilidad de las empresas en las actuales condiciones del mercado es necesario un nuevo planteamiento en sus políticas de producción.

Los sistemas de manufactura flexible se definen como sistemas de producción controlados por una computadora central y que son capaces de producir o procesar una amplia variedad de piezas.

Hoy en día países industrializados como Japón, Estados Unidos, Alemania, Inglaterra, Rusia, Francia, Suecia, etc., son los que principalmente han puesto en práctica

los sistemas de manufactura flexible obteniendo como resultado un aumento en su productividad reduciendo sus costos.

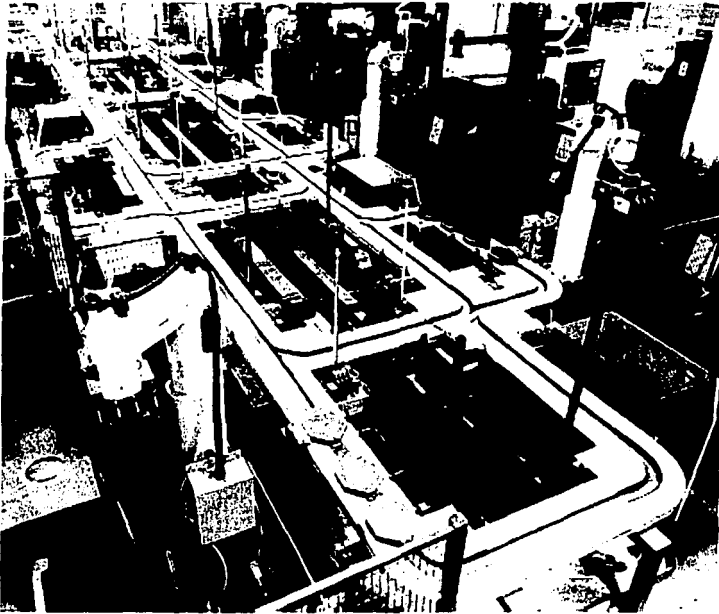
Adoptar un sistema de manufactura flexible en una empresa puede parecer una decisión muy difícil de tomar por los cambios que trae consigo. Por un lado, la inversión inicial es muy grande pues el sistema más sencillo de manufactura flexible consiste de una máquina CNC mejorada con un carrusel de herramientas y un intercambiador de piezas que es conocido como módulo de manufactura flexible.

También se debe considerar que habrá desplazamiento de mano de obra y que el personal que opere la maquinaria requiere de capacitación. Además debe haber un replanteamiento en las políticas de producción.

Con todo lo anterior la empresa debe hacer un balance entre las ventajas y desventajas de implementar un sistema de manufactura flexible, teniendo este como principal fundamento la alta eficiencia y calidad del producto terminado.

El objetivo del presente trabajo es hacer un análisis detallado de los sistemas de manufactura flexible y hacer un balance respecto a los sistemas tradicionales de producción industrial para mostrar las diferencias que hay entre uno y otro sistema de producción, entender el por qué son sistemas que tienen gran aplicación en países industrializados y, por lo tanto, la importancia de adoptarlos en el país.

Así, en el primer capítulo se dará una amplia explicación de los sistemas de manufactura flexible: conceptos, elementos que los componen, etc. En el segundo capítulo se tratará todo lo referente a las máquinas CNC, tipos de programación, herramientas que utilizan, capacidades. El tercer capítulo es el referente a los robots que intervienen en éstos sistemas de producción. En el cuarto capítulo se hablará de otros elementos no menos importantes que son los sistemas de transporte de materiales y finalmente, en el quinto capítulo se hará una investigación de algunas aplicaciones actuales que tienen dichos sistemas en el ámbito mundial y en nuestro país.



CAPITULO 1

SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE

1.1 Definición de un sistema de manufactura flexible

El concepto de sistemas de manufactura flexible es relativamente nuevo, se introduce como tal a finales de la década de los sesenta, así han transcurrido aproximadamente cuarenta años desde que se empezó a usar como una nueva tecnología de producción y ha demostrado ser un sistema muy eficiente y proporcionado un costo unitario muy bajo. Contrario a lo que pasa con los sistemas tradicionales que son los más flexibles y económicos pero también los menos productivos y de mayor costo unitario. Las fábricas convencionales, diseñadas para elaborar un producto estándar en gran serie se encuentran, por un lado, con exceso de capacidad productiva por encima del nivel de demanda y, por otro, con la imposibilidad de atender las peticiones de variantes del producto estándar a unos costos razonables.

Después de la Segunda Guerra Mundial se dieron cambios importantes en los sistemas de producción en el ámbito mundial. Surgieron productos de formas cada vez más complicadas para su fabricación, además, los consumidores se volvieron cada vez más exigentes en cuanto a la calidad del producto. Por lo tanto, los productos tuvieron que adaptarse a las demandas de un mercado cada vez más amplio y exigente, ofreciéndose en una amplia gama de variantes para adaptarse a los gustos y necesidades de los clientes, exigiéndose una garantía de calidad "cero defectos" y un ciclo de vida corto debido a las constantes incorporaciones de nuevas y sofisticadas tecnologías.

Un sistema de manufactura flexible (SMF) puede tener varias definiciones según el punto de vista que se quiera ver. A continuación se presentan algunas de estas definiciones:

- Es un proceso bajo control automático capaz de producir una variedad de productos dentro de una gama determinada.
- Es una tecnología que ayuda a optimizar la fabricación con mejores tiempos de respuesta, menor costo unitario y calidad más alta, mediante mejores sistemas de control y gestión.

- Es un sistema de fabricación formado por máquinas e instalaciones técnicas enlazadas entre sí por un sistema común de transporte y control, de forma que existe la posibilidad, dentro de un margen determinado, de realizar diversas tareas correspondientes a piezas diferentes sin necesidad de interrumpir el proceso de fabricación para el reequipamiento del conjunto.
- La fabricación flexible es la herramienta de producción más potente hoy día a disposición de una empresa para mejorar su posición competitiva en el entorno industrial actual.

El conjunto de estas definiciones, todas ellas enfocadas desde distintos puntos de vista, ayudan a configurar una idea sobre esta nueva tecnología de fabricación. Sin embargo, adoptaremos una definición muy breve pero que pretende englobar las definiciones anteriores y dice así:

- Los SMF se definen como sistemas de producción controlados por una computadora central y que son capaces de producir o procesar una amplia variedad de piezas.

Los SMF pronto demostraron su enorme potencial al resolver con gran éxito las carencias de los sistemas convencionales de producción. Elevaron en gran porcentaje la producción, de igual manera elevaron la calidad del producto y disminuyeron los costos unitarios. Se usan las técnicas del **Just in time** es decir, disponer de materiales y piezas correctas en cantidad, tipo, y en el momento y lugar preciso. La fabricación flexible transforma los clásicos talleres con máquinas rodeadas de piezas esperando su turno, en procesos continuos de mecanizado. El diagrama de la figura 1.1 ilustra de forma concreta la estructura y funcionamiento de un SMF.

Para flexibilizar el proceso, se reducen al mínimo los tiempos de preparación de máquinas; se automatizan almacenes, transportes, mantenimiento de máquinas y se flexibiliza la mano de obra con una mayor formación.

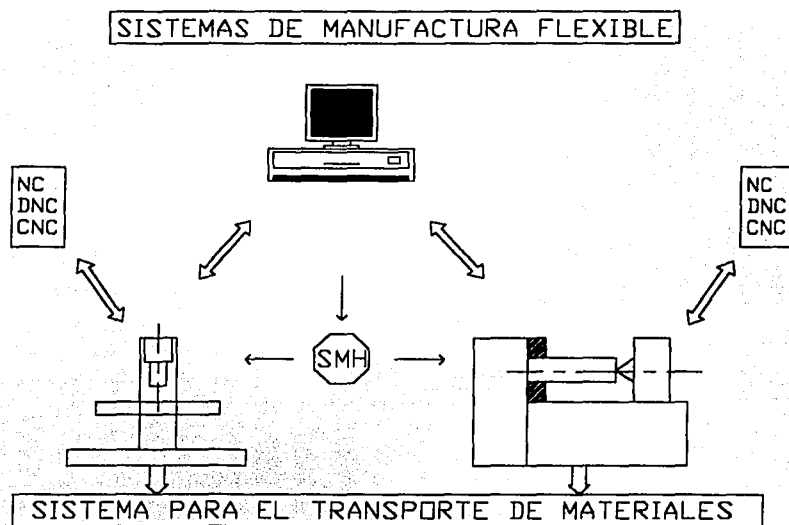


Figura 1.1.- Diagrama general de un SMF

El estudio de los procesos de mecanizado, junto con la estandarización de métodos, herramientas y materiales, utilización de acoplamientos rápidos y automatización de todas las operaciones, proporciona una disminución drástica de los tiempos de preparación y espera.

La flexibilidad permite que todo, disponiendo de una producción automatizada, pueda reaccionar fácilmente a cambios de especificación del producto sea en forma, en material, en condiciones de mecanizado, o a cambios de programas de fabricación (figura 1.2).

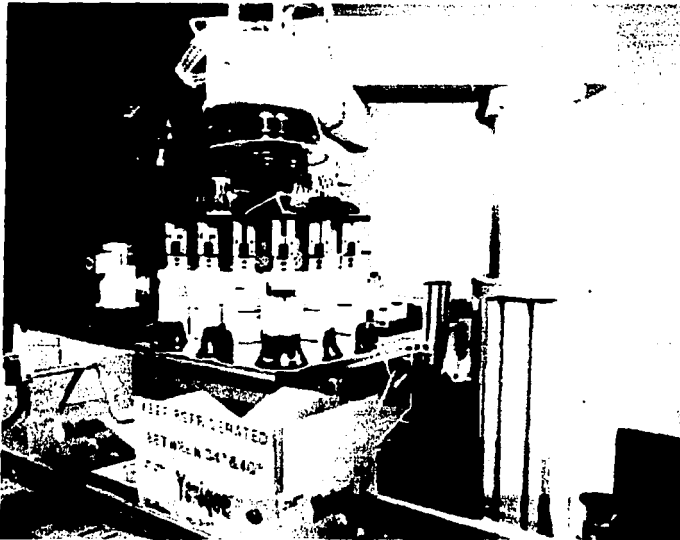


Figura 1.2.- Cualquier producción automatizada permite reaccionar a cambios de especificación del producto

1.2 Componentes tecnológicos de un SMF

El trabajo que normalmente se asigna a un sistema de manufactura flexible es mecanizar o conformar pequeños lotes de un determinado tipo de piezas, en forma totalmente automática. Para ello, deben ser complementados algunos de los aspectos tecnológicos de las máquinas de control numérico convencionales incluidas en la célula, mediante componentes y dispositivos que permitan realizar las siguientes funciones: preparación automática de los medios de producción; manipulación automática de piezas, mordazas y elementos de medida; control automático de seguridad en la calidad y, finalmente, supervisión y diagnóstico, también automatizados, de la realización del proceso. Así, los componentes básicos de un SMF son los que a continuación se mencionan.

1.2.1 Computadora central

El desarrollo de la microelectrónica y por consecuencia el uso de las computadoras ha sido indispensable en el desarrollo de los SMF, el uso de computadoras ha hecho posible el actual éxito de éstos sistemas de producción y con ellas la importancia de sus características principales: automatización, flexibilidad, productividad y optimización de costos.

Cualquier SMF requiere del uso de equipo de computo, independientemente del SMF que se utilice, lo que no cambia de uno a otro es el uso de la computadora central, siempre debe haber una porque es la que controla al sistema completo incluyendo máquinas de control numérico por computadora (CNC) y el sistema para el manejo y transporte de materiales. Un SMF es tan eficiente y versátil como lo sea el software que lo controla, así la flexibilidad total del sistema se basa en la capacidad del software del programa para coordinar efectivamente a todos los elementos que integran el sistema (figura 1.3).



Figura 1.3.- Computadora central de un SMF con el software correspondiente.

La computadora central ejerce el control del sistema completo de computadoras en el sistema, coordina totalmente el sistema de producción, monitoriza el sistema ante cualquier rotura de herramientas, maquinaria o transportes y alerta a los supervisores de esa contingencia. También determina el trabajo de cada máquina y las rutas de transporte de los productos a la máquina apropiada para optimizar la producción y el uso de ellas.

1.2.2 Máquinas controladas numéricamente

Tal vez el elemento más característico y representativo de un SMF es la máquina CNC. Se trata de la máquina herramienta que se encarga del trabajo de maquinado dentro del sistema y puede ser una máquina NC (control numérico), DNC (control numérico directo), CNC (control numérico por computadora) o una combinación de éstas.

En toda instalación de fabricación flexible, desde la más pequeña célula al taller más complejo, el elemento básico es la máquina herramienta de control numérico (figura 1.4), en general con computadora integrada (CNC).

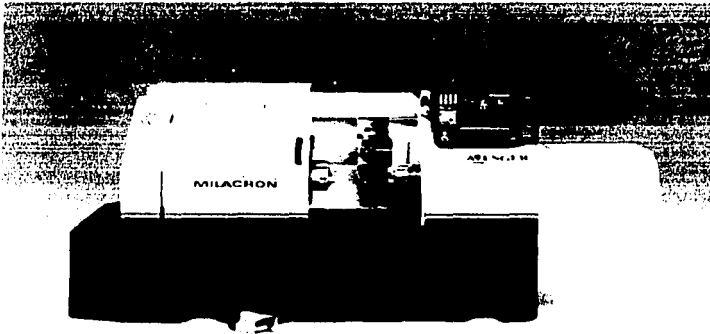


Figura 1.4.- Torno CNC

El tipo de maquinaria que se utiliza en un SMF de mecanizado es exclusivamente de control numérico. Sobre cada configuración básica suelen existir importantes opciones, tanto mecánicas como en el sistema de control, lo que permite realizar la supervisión del proceso de mecanizado, el cambio automático de herramienta, el control del estado de herramientas, etc. Con dispositivos aportados por la propia máquina. El control numérico de las máquinas herramientas simplemente es el control de las funciones de la máquina herramienta por medio de instrucciones en clave.

1.2.3 Sistemas para el manejo de materiales

Uno de los elementos más representativos de los actuales sistemas de producción lo constituyen los robots industriales que cuentan con elevado grado de flexibilidad y adaptabilidad a las variaciones del entorno. Estas características permiten que sean utilizados cada vez más en una amplia gama de actividades. Se trata de los mecanismos que se encargan de abastecer de piezas a las máquinas en un SMF para que éstas trabajen de forma continua y automática (figura 1.5).

En los SMF, los robots trabajan conjuntamente con las máquinas NC o bien se utilizan directamente para la mecanización de piezas. Para conseguir un desarrollo de la fabricación automática exento de problemas los robots industriales precisan de sensores adecuados. Con su ayuda, se pueden detectar y corregir inmediatamente situaciones problemáticas o de peligro y evitar daños mayores o paradas de la producción.

1.2.4 Sistemas para el transporte de materiales

Por lo que se refiere a los elementos de transporte, su objetivo es el transporte de piezas entre células y almacenes. Existen diversos dispositivos que se pueden clasificar en dos grandes grupos: bandas transportadoras y vehículos automáticamente guiados (AGV). Entre los primeros se encuentran las soluciones clásicas como las bandas transportadoras, rodillos, dispositivos neumáticos (figura 1.5), etc. Se trata, en general, de sistemas bastante rígidos, aunque controlables, si se desea, por la computadora de transporte. Los segundos, por el contrario, aportan un elevado grado de flexibilidad al sistema. Cuentan con caminos prefijados por carriles, cable enterrado o marcas ópticas, que les permiten llevar a cabo la tarea encomendada, bajo el control de la computadora que lleva el propio vehículo. Son vehículos autopropulsados mediante un sistema de baterías situadas a bordo y motores de tracción controlados también por una computadora a bordo.

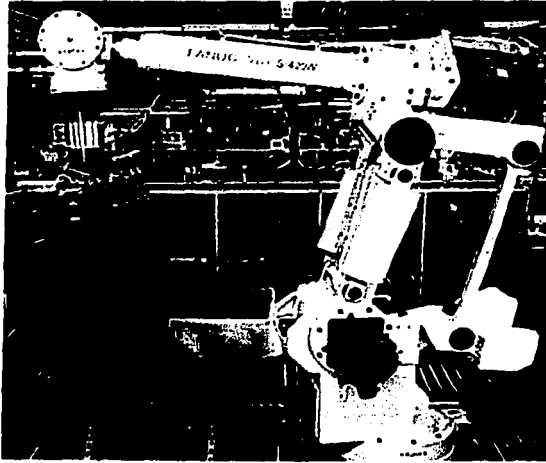


Figura 1.5.- Sistema para el manejo (robot) y transporte (rodillos) de televisiones en la planta ensambladora de "SONY"

1.3 Clasificación de los SMF

El sistema más sencillo de manufactura flexible se conoce como módulo de manufactura flexible (MMF) y consiste en una máquina CNC mejorada con un carrusel de herramientas y un intercambiador de piezas. Tomando como base a este módulo de manufactura flexible se pueden construir sistemas más complejos.

Así pues, en un SMF pueden considerarse tres niveles de aplicación.

- La célula flexible.
- La línea o grupo flexible
- El taller flexible

La diferencia no está tanto en el número de máquinas que las componen, sino en un nivel cada vez mayor de integración de las funciones de producción. Si bien no existe una definición universalmente aceptada para cada uno de estos términos, a una misma instalación unos le llaman célula flexible y otros línea flexible, con lo que se pueden llegar a confundirse ambos conceptos.

1.3.1 La célula flexible.

Está formada por unas pocas máquinas, en ocasiones sólo una, dotadas de control numérico con dispositivos de cambios de herramientas y piezas, con almacenes a pie de máquina para garantizar su autonomía durante varias horas, y una computadora que coordina los elementos de mecanizado, manutención y transporte entre las máquinas. Son capaces de mecanizar totalmente o casi totalmente una cierta categoría de piezas, incluyendo fases de control de calidad (figura 1.6).

1.3.2 Líneas flexibles.

Varias máquinas de control numérico o células flexibles se relacionan entre sí mediante un sistema de transporte de piezas e identificación de las mismas. En general disponen en línea de almacenes de piezas y herramientas automatizadas. Permiten la entrada al azar de gran diversidad de piezas y el software las asigna a la máquina más adecuada. La computadora que coordina la línea realiza también funciones de planificación y programación de la producción (figura. 1.7).

1.3.3 El taller flexible.

Tiene todas las funciones de fabricación incorporadas e integradas dentro de la filosofía de fabricación flexible. Los sistemas de recepción, inspección, almacenaje, transporte, mecanización, verificación, montaje inspección y distribución, centralizadas o

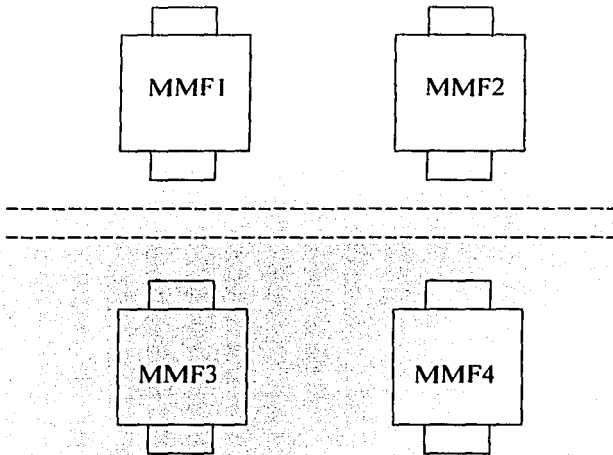


Figura 1.6.- Distribución de una célula de manufactura flexible.

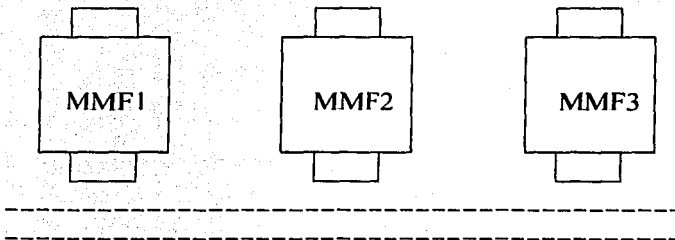


Figura 1.7.- Distribución de una línea de manufactura flexible.

distribuidas según proceda, están totalmente automatizados y coordinados por una computadora central y a través de las computadoras satélites de cada función o taller. En el esquema de la figura 1.8 se muestra un ejemplo de un taller flexible.

1.4 Sistemas CAD/CAM

El diseño y fabricación con la ayuda de la computadora, comúnmente llamado CAD/CAM, es una tecnología que podría descomponerse en numerosas disciplinas pero que, normalmente, abarca el diseño gráfico, el manejo de bases de datos para el diseño y la fabricación, control numérico de máquinas herramientas, robótica y visión computarizada.

Históricamente los CAD comenzaron como una ingeniería tecnológica computarizada, mientras que los CAM eran una tecnología semiautomática para el control de máquinas de forma numérica.

Pero estas dos disciplinas, que nacieron separadamente, se han ido mezclando gradualmente hasta conseguir una tecnología suma de las dos, de tal forma que los sistemas CAD/CAM son considerados, hoy día, como una disciplina única identificable.

La evolución del CAD/CAM ha sido debida, en gran parte, a que esta tecnología es fundamental para obtener ciclos de producción más rápidos y productos elaborados de mayor calidad. Así, han sido espectaculares sus recientes desarrollos: el diseño 3D, la automatización total de industrias, los sistemas de control descentralizados, los análisis y diseños cartográficos, o el análisis de objetos en movimiento, que pueden presentar algunos de estos logros.

1.5 Programación automática.

Con este nombre se conoce la programación asistida por computadora. Es una automatización total del proceso, a partir de la geometría de la pieza y de las características de la máquina de control numérico, ejecuta todos los pasos necesarios para

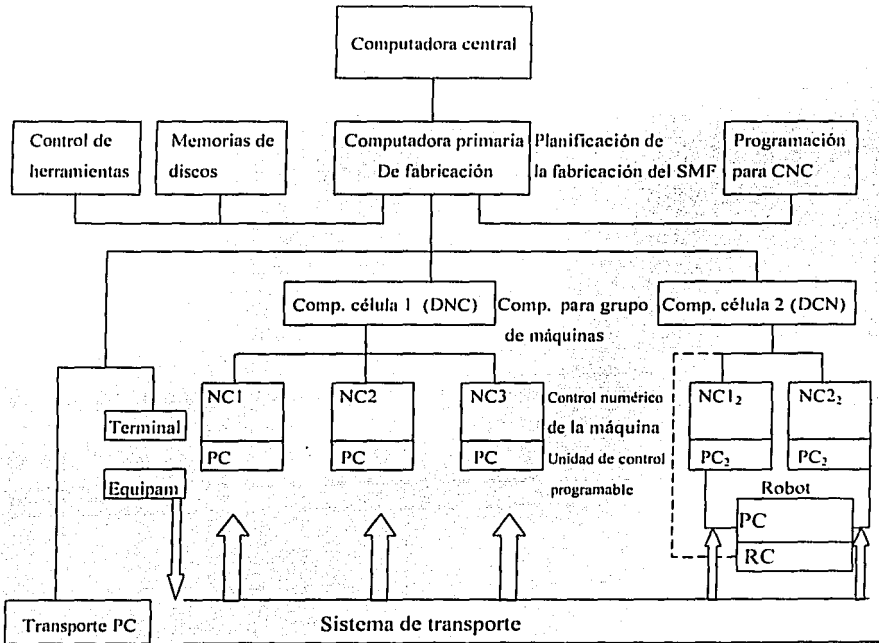


Figura 1.8.- Esquema de control de un SMF

obtener el programa de control numérico (NC) sin ninguna intervención humana.

En sus inicios, a finales de los años 60, con el desarrollo por el MIT de un sistema de programación, el APT (Automatically Programed Tools), se pretendía únicamente liberar al programador de la multitud de cálculos geométricos que la programación manual requiere, así como para obtener automáticamente la codificación del programa.

1.6 Tecnología de grupos.

La tecnología de grupos es un sistema de racionalización de la producción. Se basa en un procedimiento de clasificación y codificación de piezas que permite agruparlas en familias de acuerdo con características similares de diseño y fabricación.

Esta tecnología nació a principios del siglo pasado, como un conjunto de medidas de racionalización que pretenden hacer extensivas a la fabricación por lotes las ventajas de la fabricación en grandes series, con sus líneas específicas para cada pieza, mediante la creación de líneas (células) para mecanizar piezas similares.

La organización clásica de un taller por agrupación de máquinas similares (tornos, fresas, taladros, rectificadoras, etc.) en donde las piezas a mecanizar se mueven de una sección a otra, se transforma en una agrupación de máquinas en células que mecanizan siempre la misma familia de piezas. Con ello se obtiene una drástica reducción de los tiempos de espera y de las necesidades de transporte de piezas entre máquinas.

Por otro lado, el cambio de la distribución de máquinas en el taller requiere tiempo y dinero y, además, entorpece la producción por lo que la aplicación al sistema se encontró con notables resistencias al cambio.

1.7 Logística

Es una tarea multidisciplinaria para planear, operar y controlar el flujo de materiales desde que es recibido como materia prima, pasa a través del proceso de producción y llega al almacén de producto terminado.

1.8 Layout

Es la distribución de los equipos de tal forma que se tenga la mayor eficiencia en el movimiento de la materia prima y de las piezas en proceso de una estación de trabajo a otra.

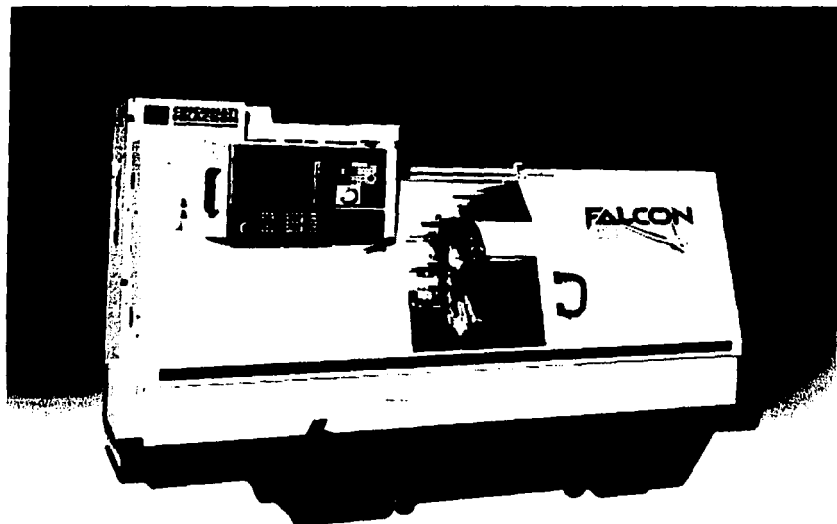
1.9 Ventajas y desventajas de un SMF

Los SMF tienen un sin número de ventajas que le han permitido estar en la actualidad a la vanguardia en cuanto a sistemas de producción. A continuación se mencionan algunas de las ventajas más importantes:

- Capacidad de modificar rápidamente los programas de fabricación, tanto en cantidad como en tipo de piezas.
- Capacidad de absorber los cambios de diseño y especificación de las piezas.
- Capacidad de trabajo desatendido en largos periodos de tiempo. Mano de obra cero.
- Capacidad de garantizar una calidad de cien por cien. Calidad: defectos cero.
- Capacidad de trabajo sin stocks intermedios.
- Política stock-cero.
- Posibilidad de utilización de los equipos al 100%. Paro-cero.
- Mantenimiento preventivo. Averías-cero.
- Capacidad de entrega inmediata de los pedidos. Plazo-cero.
- Costos reducidos por unidad.

Sin embargo no todo es positivo, este sistema también tiene algunas desventajas que no se pueden tomar a la ligera, son mínimas pero se tienen que estudiar bien antes de implementar el sistema.

- Alto costo inicial.
- Necesidad de personal altamente calificado para la implementación del sistema.
- Desplazamiento de mano de obra no calificada.



CAPITULO 2

MÁQUINAS CNC

2.1 Introducción

El control numérico ha dado a la industria nuevos y mayores controles en el diseño y fabricación de productos. Hoy, muchos miles de máquinas de control numérico se usan en talleres grandes y pequeños de maquinado. En estos talleres, las máquinas CNC se pueden usar para controlar un taladro sencillo, para fresar una pieza demasiado compleja para maquinar y que por métodos convencionales resultaría demasiado cara hacerla, etc. Las máquinas de control numérico están disponibles actualmente en una gran variedad de tipos y medidas; como son: tornos, taladros, fresadoras, mandrinadoras, centros de maquinado, rectificadoras, punzonadoras, máquinas de electroerosión, máquinas de soldar, dobladoras, bobinadoras, manipuladores, etc.

El control numérico de las máquinas herramientas simplemente es el control de las funciones de la máquina herramienta por medio de instrucciones en forma de códigos. A continuación se mencionan algunos conceptos importantes para tener una mejor comprensión del funcionamiento de estas máquinas.

Control numérico (NC)

Es el término utilizado para describir las máquinas que son controladas por una serie de instrucciones formadas por números y letras del alfabeto.

Bloques de información

En forma usual son proporcionados por una cinta perforada o cinta magnética a la unidad de control de la máquina (figura 2.1), la cual interpreta y ejecuta secuencialmente cada bloque de información proporcionando los datos a la máquina-herramienta, la cual define los movimientos y parámetros de maquinado.

Control numérico computarizado (CNC)

Este es el término general que se usa para describir un sistema de control el cual incluye una computadora o un microprocesador digital. Las máquinas CNC son

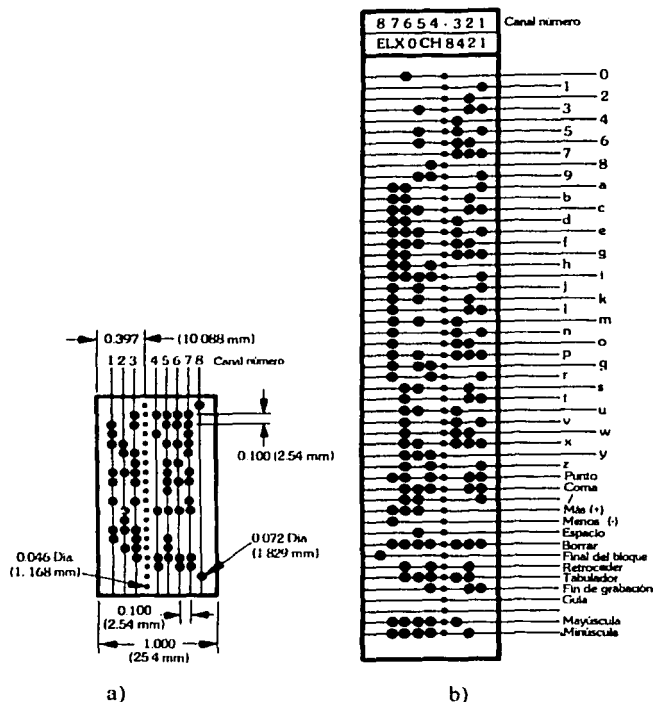


Figura 2.1.- Ejemplo de cinta perforada: a) Dimensiones normales de la cinta perforada, b) Codificación normalizada para las cintas perforadas de 1" de ancho y 8 canales

adaptables a un amplio rango de procesos de manufactura, algunas aplicaciones son: corte de metales, soldadura, corte mediante flama, trabajo en madera, prensa, etc. Las máquinas CNC son capaces de trabajar muchas horas con una supervisión mínima y son ideales para producción en serie y en lotes.

En este campo se puede definir el control numérico como un dispositivo capaz de controlar el movimiento de uno o varios órganos de la máquina de forma automática a partir de los números y símbolos que constituyen el programa de trabajo.

Este programa controla o automatiza las siguientes funciones:

- Los movimientos de los carros
- Las velocidades de posicionado y mecanizado
- Los cambios de herramientas.
- Los cambios de piezas
- Las condiciones de funcionamiento (refrigeración, lubricación, etc.)

Los componentes básicos de un NC son:

- El programa
- La unidad de control
- La máquina herramienta

El programa contiene toda la información necesaria para el mecanizado, la unidad de control interpreta esta información y controla la ejecución de la misma en la máquina herramienta.

2.2 Configuración de los ejes y su identificación

Todas las máquinas herramientas tienen más de una posibilidad de movimiento y es importante identificarlos de manera individual. Existen tres planos en los cuales se puede tener movimiento y son: plano longitudinal, plano transversal y plano vertical.

A cada uno de ellos se le asigna una letra y se identifica como un eje, así se tienen los ejes X, Y y Z. La figura 2.2 muestra la identificación de ejes en la fresadora y la figura 2.3 los ejes en el torno y guardan las siguientes características.

- El eje Z siempre es paralelo al principal movimiento de giro de la máquina. El sentido positivo del eje Z incrementa la distancia entre la pieza y la herramienta.

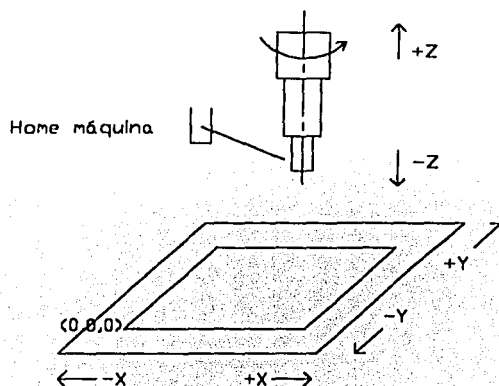


Figura 2.2.- Identificación de ejes para la fresadora

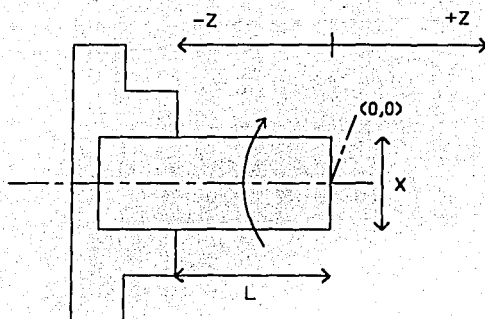


Figura 2.3.- Identificación de ejes para el torno

- El eje X siempre será paralelo a la principal superficie de trabajo de la máquina y perpendicular al eje Z. En las máquinas en que las piezas y herramientas no son giratorias, el eje X es paralelo a la dirección principal de corte y su sentido positivo corresponde con el sentido de corte; por ejemplo, el cepillo.
- El eje Y siempre será perpendicular a los ejes X y Z.

2.3 Tipos de movimiento

El movimiento de las máquinas CNC a posiciones predeterminadas puede ser realizado de tres maneras: movimiento punto a punto, movimiento lineal y contorno circular.

2.3.1 Movimiento punto a punto

Es la programación de instrucciones mediante las cuales se moverá la pieza o herramienta de una posición a otra, a una velocidad alta preprogramada (figura 2.4), serán involucrados uno o más ejes, pero el movimiento no es coordinado y hay que tener cuidado para prevenir choques con algún dispositivo de sujeción (ninguna operación de corte deberá hacerse en el posicionamiento punto a punto).

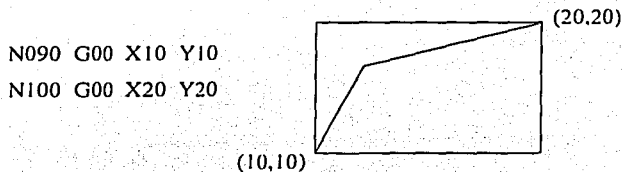


Figura 2.4.- Movimiento punto a punto

Nota: Todos los valores utilizados son únicamente para mostrar los ejemplos.

2.3.2 Movimiento lineal

Es la programación de un movimiento llevado a cabo por la mesa de trabajo en la fresadora ó de la herramienta en el caso del torno a una cierta velocidad de avance; la cual debe ser definida por el usuario dependiendo del tipo de material y del acabado que se quiera obtener (figura 2.5).

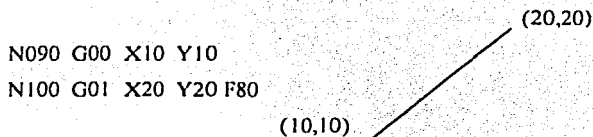


Figura 2.5.- Movimiento lineal con arranque de viruta

2.3.3 Movimiento circular

Este movimiento es similar al movimiento lineal, pero con la diferencia que pueden realizarse movimientos circulares a una cierta velocidad de avance (figura 2.6). Se utilizan los códigos G02 y G03.

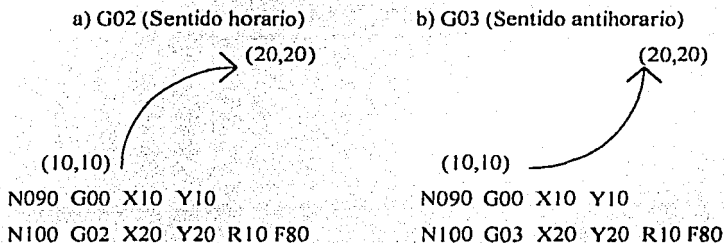


Figura 2.6.- Ejemplo de movimiento circular: a) sentido horario y b) sentido antihorario

2.4 Sistemas de programación

Existen dos tipos de programación, el sistema incremental o relativo y el sistema absoluto. Ambos sistemas tienen aplicaciones en la programación CNC, y la mayoría de los mandos en herramientas de las máquinas construidas hoy son capaces de manejar la programación incremental y absoluta.

2.4.1 Sistema incremental

En el sistema incremental, todas las dimensiones se establecen punto a punto, esto es, siempre se utiliza el punto anterior como el origen para programar el siguiente movimiento (figura 2.7).

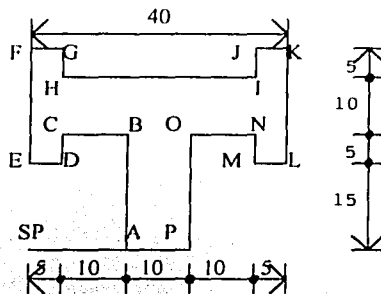
2.4.2 Sistema absoluto

En el sistema absoluto, todas las dimensiones o puntos se miden con respecto al cero o punto de referencia que se fija desde el inicio (figura 2.7).

En el ejemplo de la figura 2.7, se muestra una tabla con el análisis de los movimientos en el sistema incremental, donde se puede observar como característica de éste sistema que la sumatoria de los movimientos es igual a cero. Mientras que en el análisis de movimientos en el sistema absoluto se observa como característica que el movimiento hacia $X=0$ y $Y=0$, con lo que le indicamos a la máquina que regrese al origen.

En la fresadora para indicar que estamos trabajando el sistema incremental se utiliza el código G91, y para el sistema absoluto se utiliza el código G90.

En el torno para indicarle a la máquina que se utiliza el sistema incremental se cambia a las letras U y W, y para el sistema absoluto se utilizan las letras X y Z.



a) Sistema incremental			b) Sistema absoluto		
Movimientos	X	Y	Movimientos	X	Y
SP → A	15	0	SP → A	15	0
A → B	0	20	A → B	15	20
B → C	-10	0	B → C	5	20
C → D	0	-5	C → D	5	15
D → E	-5	0	D → E	0	15
E → F	0	20	E → F	0	35
F → G	5	0	F → G	5	35
G → H	0	-5	G → H	5	30
H → I	30	0	H → I	35	30
I → J	0	5	I → J	35	35
J → K	5	0	J → K	40	35
K → L	0	-20	K → L	40	15
L → M	-5	0	L → M	35	15
M → N	0	5	M → N	35	20
N → O	-10	0	N → O	25	20
O → P	0	-20	O → P	25	0
P → SP	-25	0	P → SP	0	0
Suma	0	0			

Figura 2.7.- Ejemplo de Sistemas de programación: a) incremental, b) absoluto.

2.5 La programación automática

Con este nombre se conoce a la programación asistida computadora. Es una automatización total del proceso, a partir de la geometría de la pieza y de las características de la máquina de control numérico, ejecuta todos los pasos necesarios para obtener el programa del control numérico (CNC) sin ninguna intervención humana (figura 2.8).

En sus inicios, a finales de los años 60, con el desarrollo por el MIT de un sistema de programación, el APT (Automatically Programed Tools), se pretendía únicamente liberar al programador de la multitud de cálculos geométricos que la programación manual requiere, así como obtener automáticamente la codificación del programa. Para ello se han desarrollado lenguajes de programación de alto nivel y el software correspondiente para su compilación y edición de resultados.

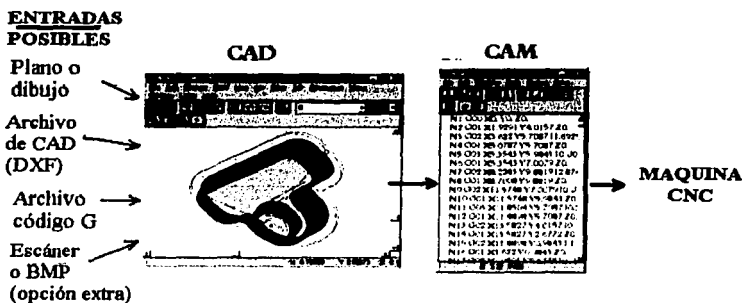


Figura 2.8.- Programa para máquina CNC a partir del dibujo de la pieza en BOB CAD/CAM.

En la actualidad se han desarrollado lenguajes de programación de alto nivel y el software correspondiente para compilación y edición de resultados. Ya no es necesario hacer por un lado, el dibujo en sistema CAD y por otro lado hacer el programa en sistema CAM. El tedioso trabajo de hacer dibujo y programa en forma independiente ahora se hace de forma automática por algún software de los que se encuentran actualmente en el mercado, por ejemplo: el BOB CAD/CAM, MASTERCAM, CATIA, GRASP, etc.

2.6 Lenguajes generales y específicos

En la actualidad existen gran cantidad de lenguajes de programación. Los podemos clasificar en dos categorías:

2.6.1 Lenguajes generales

Son aquellos que pueden utilizarse para programar cualquier tipo de CNC existente en el mercado. Como los distintos controles utilizan diferentes lenguajes máquina es preciso dividir el proceso en dos partes.

En la primera parte llamada en general procesado, se obtiene un resultado intermedio, válido para todos los CNC, que contiene las trayectorias de la herramienta y las condiciones de mecanizado. Este fichero intermedio se conoce en general con el nombre de CLDATA (Cutter Location Data). Sus formatos han sido recientemente codificados por ISO.

En una segunda parte, llamada post-proceso, los datos contenidos en el CLDATA son codificados en el lenguaje máquina específico del CNC que se va a utilizar. El post-procesador es por tanto diferente para cada tipo de máquina herramienta CNC. Hasta hace poco estos post-procesadores eran desarrollados por el propio usuario o por compañías informáticas especializadas. Hoy es cada vez más frecuente que los suministradores de CNC faciliten también su correspondiente post-procesador. En ocasiones también se instala en el mini ordenador del CNC.

2.6.2 Lenguajes específicos

Son en general más sencillos y han sido preparados para obtener un lenguaje máquina determinado. Obtienen directamente el programa en lenguaje máquina.

El lenguaje más universalmente utilizado es el APT. Es de tipo general y permite mecanizados tridimensionales y de contorno que precisan máquinas de 3, 4 ó 5 ejes trabajando simultáneamente. Se han desarrollado varias versiones y variantes: para operaciones punto a punto, para torneado, para fresado, etc.

A partir del APT y para permitir su instalación en mini ordenadores, se han desarrollado versiones como el ADAPT, UNIAPT, IFAPT. En otros casos como el EXAPT incluyen la optimización automática de velocidades de corte y de avance.

2.7 Lenguaje usado por la unidad CNC

Los programas son creados en la unidad CNC usando códigos G, M y algunos especiales como lenguaje de programación. A continuación se explicará la función de cada uno de estos códigos.

2.7.1 Códigos especiales

El lenguaje CNC usa códigos especiales, los cuales controlan las velocidades del husillo, la pieza, la herramienta o la mesa de trabajo o para indicar la herramienta que se desea utilizar. A continuación se mencionan los principales códigos especiales:

Código S

Este código se usa para programar la velocidad del husillo en la fresadora y la velocidad de la pieza en el torno [las unidades se dan en rpm].

Código F

El código F se usa para programar la velocidad de la herramienta en el caso del torno, y la velocidad de la mesa en el caso de la fresadora [las unidades están dadas en mm/min ó plg/min].

Código T

Este código se utiliza para indicar el número de herramienta en un carrusel. La herramienta se coloca en una posición en particular en el carrusel y se puede utilizar en el momento que sea necesario. Cuando se usa conjuntamente con el código M06 se activa el cambio de herramienta; por ejemplo, M06 T01.

2.7.2 Códigos G

Indican una función preparatoria, esto es, un cambio en la operación a realizar; en general el código G hace referencia al modo y forma de realizar los desplazamientos y trayectorias lineales o circulares. Hay dos tipos de códigos G, modal y no modal; los códigos G modal se retienen en memoria hasta que otro código G del mismo grupo lo modifique; y los códigos no modales son aquellos que sólo actúan en la línea de información en que aparecen. A continuación se muestra una lista con los códigos G más utilizados:

- G00** Interpolación lineal al máximo avance de la herramienta (sin arranque de viruta)
- G01** Interpolación lineal a un avance determinado (con arranque de viruta).
- G02** Interpolación circular a un avance determinado con sentido horario.
- G03** Interpolación circular a un avance determinado con sentido antihorario.
- G04** Extensión de tiempo. Se programa con la literal "X" expresada en segundos.
- G20** Programación en el sistema inglés [plg].
- G21** Programación en el sistema métrico [mm].
- G28** Regreso de la herramienta a casa o posición de origen de la herramienta (home).
- G40** Cancela compensación de la herramienta.
- G41** Aplica compensación de la herramienta a la izquierda.
- G42** Aplica compensación de la herramienta a la derecha.

- G70** Ciclo de acabado.
- G71** Define un ciclo de cilindrado.
- G72** Define un ciclo de careado.
- G76** Ciclo de roscado.
- G90** Programación de movimientos en el sistema absoluto.
- G91** Programación de movimientos en el sistema relativo o incremental.
- G98** Define avance por minuto [mm/min].
- G99** Define avance por revolución [mm/rev].

2.7.3 Códigos M

Se utilizan para programar funciones especiales de la máquina. Un carácter M se llama función miscelánea. Precede a datos numéricos para preparar al sistema de control para operaciones como encender o apagar el husillo o el flujo del refrigerante, etc. Los códigos M más utilizados son:

- M00** Paro del programa.
- M01** Paro opcional (planeado).
- M02** Fin del programa.
- M03** Giro del husillo en sentido horario.
- M04** Giro del husillo en sentido antihorario.
- M05** Paro del husillo.
- M06** Cambio automático de la herramienta.
- M07** Refrigerante 2 encendido.
- M08** Refrigerante 1 encendido.
- M09** Refrigerante apagado.
- M10** Sujetar.
- M11** Soltar.

- M13** Giro del husillo en sentido horario y refrigeración en marcha.
- M14** Giro del husillo en sentido antihorario y refrigeración en marcha.
- M30** Fin del programa pero la máquina queda lista para volver a ejecutar el Programa.
- M98** Llamado de un subprograma ya elaborado.
- M99** Fin del subprograma.

2.8 Ciclos enlatados (Canned Cycles)

Un ciclo enlatado es una secuencia fija de operaciones que pueden ser realizadas con un código "G" sencillo; se utilizan para reducir el tiempo de programación en operaciones repetitivas y comúnmente usadas. Estos ciclos reducen el número de pasadas para maquinar una pieza, esto quiere decir que; utilizando un ciclo enlatado se van a emplear menos bloques de información para realizar el programa de la pieza que se va a maquinar. Dentro de los ciclos enlatados se tienen: ciclo de cilindrado o torneado, ciclo de careado o refrentado, ciclo de roscado y ciclo de barrenado. A continuación se muestra como se programan éstos ciclos:

2.8.1 Ciclo de Cilindrado o torneado (G71)

En este ciclo la mayor cantidad de material a remover se realiza sobre el eje "Z" (figura 2.9) y se programa en tres bloques de trabajo:

1^{er} bloque de información.

N200 G71 U1.0 R1.0

G71 – Ciclo de cilindrado o torneado.

U1.0 – Profundidad de corte en el eje "X".

R1.0 – Desahogo de la herramienta.

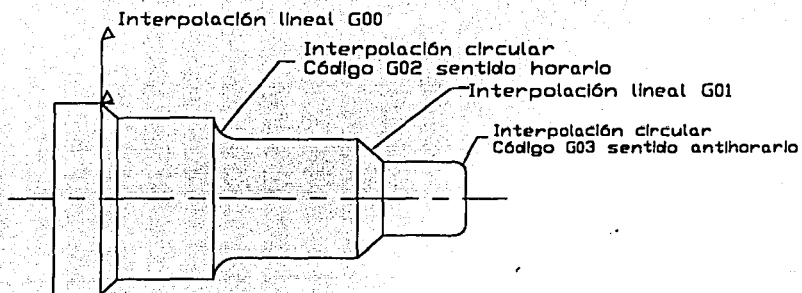


Figura 2.9.- Ciclo de torneado con los códigos G00, G01, G02 y G03

2º bloque de información.

N210 P220 Q340 U0.5 W0.5 F80

P220 – Primera línea del ciclo.

Q340 – Última línea del ciclo.

U0.5 – Tolerancia de acabado sobre el eje "X".

W0.5 – Tolerancia de acabado sobre el eje "Z".

F80 – Velocidad de avance.

3º bloque de información.

N350 G70 P220 Q340 F60

G70 – Fin del ciclo de cilindrado

P220 – Primera línea del ciclo.

Q340 – Última línea del ciclo.

F60 – Velocidad de avance para el acabado.

2.8.2 Ciclo de Careado o Refrentado (G72)

Este código es similar al código G71 y es utilizado cuando la mayor cantidad de material a remover esta en el eje "X". Este ciclo requiere dos bloques de información:

1º Bloque de información

N050 G72 W0.3 R0.5

G72 – Ciclo de careado.

W0.3 – Profundidad de corte en el eje "Z".

R0.5 – Desahogo de la herramienta.

2º Bloque de información

N060 G72 P070 Q140 U0.5 W1.0 F100

G72 – Ciclo de careado.

P070 – Primera línea del ciclo.

Nota: Los valores mostrados son únicamente para ejemplificar los códigos.

Q140 – Última línea del ciclo.

U0.5 – Tolerancia de acabado sobre el eje “X”.

W1.0 – Tolerancia de acabado sobre el eje “Z”.

F100 – Velocidad de avance.

2.8.3 Ciclo de barrenado (G74)

Este ciclo requiere dos bloques de información (figura 2.10):

1^{er} Ciclo de información

N230 G74 R1.0

G74 – Ciclo de barrenado.

R1.0 – Distancia que retrocede la herramienta.

2^o Ciclo de información

N240 G74 Z-100 Q40 F80

Z-100 – Profundidad del barreno.

Q40 – Distancia que penetra la herramienta cortando material.

F80 – Velocidad de avance.

2.8.4 Ciclo de roscado (G76)

Este ciclo requiere dos bloques de información (figura 2.10):

1^{er} Bloque de información

N210 G76 P03 I560 Q150 R030

G76 – Ciclo de roscado.

P 03 – Número de pasadas para acabado.

I5 – Ángulo de salida de la herramienta (desahogo).

60 – Ángulo de la roscada.

Q150 – Profundidad de corte después de la primera pasada (milésimas).

R030 – Tolerancia de acabado (milésimas).

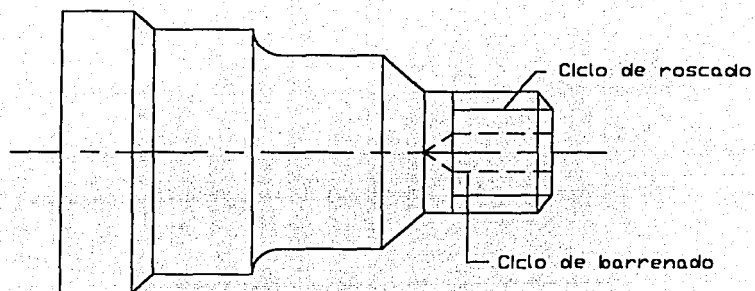


Figura 2.10.- Ciclo de barrenado G74 y ciclo de roscado G76

2º Bloque de información

N220 G76 X9.853 Z-10 R0.0 P1073 Q250 F1.75

X9.853 – Diámetro del núcleo de la rosca.

Z-10 – Longitud de la rosca.

R0.0 – Constante (para algunas máquinas sirve para darle conicidad a la rosca).

P1030 – Profundidad de la rosca (milésimas).

Q250 – Profundidad de corte en la primer pasada (milésimas).

F1.75 – Paso de la rosca.

2.8.5 Ciclo enlatado (G82)

Este ciclo se utiliza en la fresadora y nos permite reducir el número de bloques cuando el maquinado es una operación repetitiva y requiere dos Bloques de información:

1º Bloque de información

N230 G82 X10 Y10 Z-5 R4.0 P5000 F80

G82 – Ciclo enlatado

X10 – Coordenada del primer barreno en el eje “X”.

Y10 – Coordenada del primer barreno en el eje “Y”.

Z-5 – Profundidad de corte.

R4.0 – Valor de Z al regreso del cortador.

P5000 – Tiempo para acabado (milésimas).

F80 – Velocidad de avance.

2º Bloque de información

N240 G80

G80 – Fin del ciclo enlatado.

2.9 La herramienta en la máquina CNC.

La flexibilidad del maquinado exige:

- Cambio automático de la herramienta en el portaherramientas de la máquina de acuerdo con la operación a efectuar.
- Comprobación del nivel de desgaste de la herramienta para corrección de la compensación si procede y para reposición de la misma por rotura o desgaste límite.
- Almacén de herramientas junto a la máquina al igual que los elementos de fijación necesarios, pinzas, conos, separadores, etc.
- Sistemas de identificación del tipo de herramienta.

El almacén de herramientas depende del tipo de máquina y de la variedad de piezas y operaciones a mecanizar. Puede constar de unas herramientas distintas hasta unos centenares.

Se utilizan dispositivos de almacenamiento que permiten cambios muy rápidos, como torretas en los tornos (figura 2.11) y platos en las fresas, si bien su capacidad es limitada: unas 12 herramientas por torreta y unas 60 herramientas por plato.

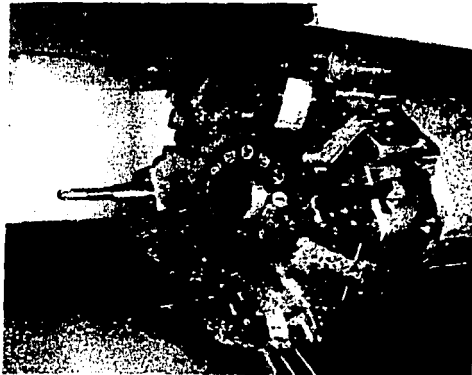


Figura 2.11.- Torreta de 12 herramientas diferentes en un torno

Si se precisa disponer de almacenes de más capacidad se instalan cadenas portaherramientas y un manipulador que efectúa el cambio automático de la cadena a la torreta o al plato.

El giro de la torreta y del plato, así como el intercambio de herramientas entre estos y la cadena, son en general gobernados por el control numérico de la máquina.

La identificación de las herramientas se basa bien en su colocación en la torreta y en la cadena (la computadora conoce el número de la herramienta situada en cada posición) bien en la lectura del código de herramienta que ésta lleva incorporado.

2.10 Funciones auxiliares.

Entre las funciones auxiliares presentes en las máquinas CNC destacamos las de:

- Refrigeración.
- Evacuación de virutas.
- Limpieza de piezas y máquina.
- Mantenimiento preventivo.

2.10.1 Refrigeración.

Una buena refrigeración es indispensable en este tipo de máquinas, dadas las potencias disipadas al utilizar elevadas velocidades de corte y de avance. Así, se aumenta el caudal de líquido refrigerante utilizado y se incluye la refrigeración del portaherramientas y su enfriamiento por circulación de fluido por su interior (figura 2.12). En algunas máquinas se dirigen chorros de líquido por toda la extensión de la pieza en lugar de refrigerar sólo el punto que se está mecanizando. Se utilizan caudales importantes, de hasta unos 200 litros por minuto, con el propósito de refrigerar la pieza y la herramienta e incluso la máquina.

2.10.2 Evacuación de virutas

Este mismo flujo importante de fluido facilita la evacuación de virutas y la limpieza de pieza y máquina (figura 2.12). Pero la elevada cantidad de viruta generada precisa un diseño cuidadoso de geometría de fijaciones, piezas y herramientas para no crear zonas ciegas de acumulación de viruta que pueden llegar a impedir el funcionamiento automático de la instalación. En instalaciones importantes se acostumbra a prever un canal de evacuación y transporte de virutas a una estación central para recuperación de líquido, separación y clasificación de virutas.

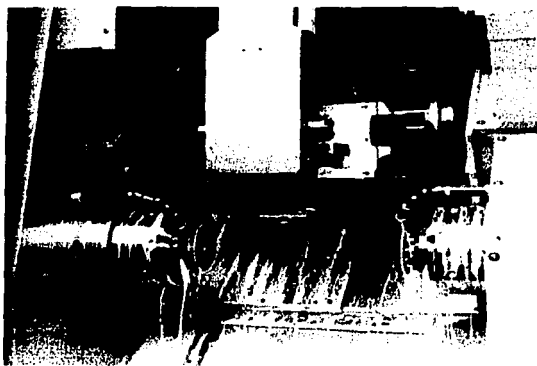


Figura 2.12.- Refrigeración y evacuación de viruta dentro de una máquina CNC

2.10.3 Limpieza de piezas y máquina.

El gran caudal de refrigerante se aprovecha también para limpiar la pieza y la máquina, pero en muchas ocasiones se incluye en el ciclo de mecanizado, como operaciones opcionales, la limpieza de las guías de la máquina o de alguna zona de la pieza, sea mediante chorro de lubricante sea por cepillado con un pincel montado en el portaherramientas. En otras ocasiones se incluye dentro de la célula flexible una instalación de lavado de piezas previa a su inspección final.

2.10.4 Mantenimiento preventivo.

Las funciones de mantenimiento preventivo son fundamentales para lograr reducir los paros por avería de la instalación. Los métodos modernos de análisis de vibraciones, ruidos, aceites de los circuitos de lubricación, etc., permiten la detección de condiciones de funcionamiento anormales. Un buen sistema de sensores, software de análisis y procedimientos de diagnósticos de averías puede reducir a un mínimo los paros del equipo.

2.11 Principales ventajas y desventajas del control numérico

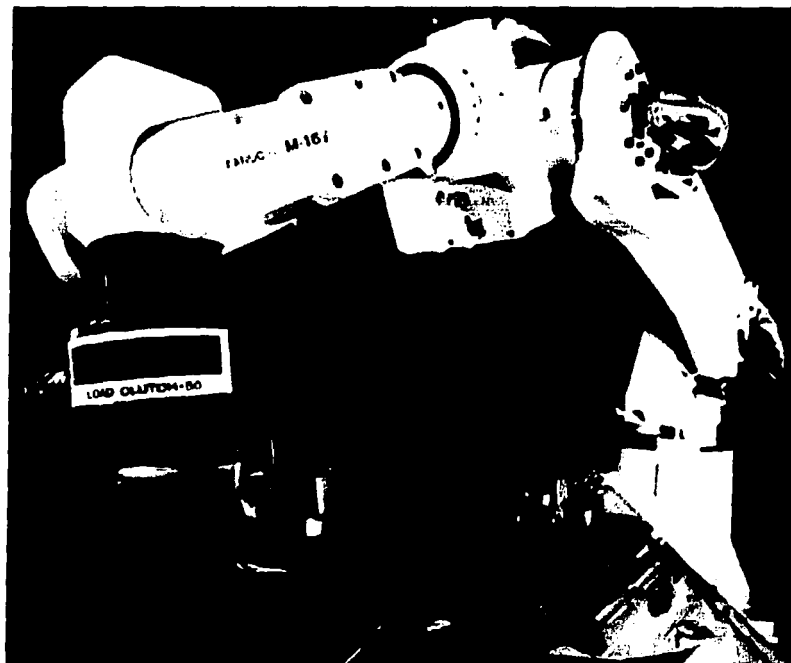
La incorporación de máquinas de control numérico implica grandes ventajas. A continuación se mencionan algunas:

- Disminución del tiempo de mecanizado de la pieza por utilizar trayectorias de posicionado en vacío más ajustadas y recorridas a mayor velocidad; por velocidades de trabajo más elevadas; por eliminación de tiempos de inspección y cambio de herramientas.
- Reducción de los tiempos de máquina parada. La preparación de máquina se reduce también por ausencia de reglajes de máquina, uso de herramientas y útiles más sencillos, cambiadores automáticos, realización de varias operaciones en cada máquina. Los ahorros obtenidos dependen del tipo de máquina y del proceso a realizar.
- Reducción de los tiempos de espera por menor recorrido de la pieza en el taller y menos estaciones de trabajo al englobar en una sola máquina varias funciones de mecanizado.
- Ahorro de medios de fabricación en máquinas al disminuir el tiempo del ciclo; en herramientas al utilizar elementos más universales y sencillos; en medios de manutención por disminución del recorrido de materiales por el taller.

- Ahorro en mano de obra dado que la automatización permite a un operario atender a más máquinas. A medida que aumenta el grado de automatización de la línea se reduce el número de operarios.
- Aumento de la calidad de fabricación con menos bajas y recuperaciones dado que las condiciones del operario no afectan al mecanizado de las piezas y los elementos de control detectan los fallos de mecanizado; mejor precisión y repetibilidad de piezas y disminución de los problemas de reglaje y preparación de máquinas.
- Reducción de inventario por reducción del stock de piezas en curso y los de los almacenes de materiales y herramientas.
- Más flexibilidad de fabricación. Los cambios de diseño de las piezas pueden introducirse más rápidamente y con menor inversión en materiales y herramientas especiales.

Aunque son muchas las ventajas que ofrecen las máquinas de control numérico, también tienen algunas desventajas como las que se indican a continuación.

- Mayor inversión. Las máquinas de CNC son de tecnologías más complejas y sofisticadas y por tanto de costo más elevado que las convencionales. Requieren una utilización plena para alcanzar amortizaciones razonables. Esto significa en general trabajar a dos o tres turnos.
- Mayor costo de mantenimiento en razón de su mayor complejidad y tipo de utilización. Si bien los componentes de las máquinas de CNC son cada día más fiables, recientes encuestas establecen un mantenimiento del orden de un 50% más caro en los CNC que en las máquinas convencionales.
- Necesidades de personal especializado tanto en programación como en mantenimiento.



CAPITULO 3

ROBOTS

3.1 Historia de los robots

La palabra "robot", es de origen checo y significa siervo o esclavo; fue inventada por el escritor checo Karel Capek (1890-1938) en su obra teatral R.U.R. (Los Robots Universales de Rossum), estrenada en Europa en 1920. El concepto de máquinas automatizadas se remonta a la antigüedad, con mitos de seres mecánicos vivientes. Los autómatas, o máquinas semejantes a personas, ya aparecían en los relojes de las iglesias medievales, y los relojeros del siglo XVIII eran famosos por sus ingeniosas criaturas mecánicas.

Algunos de los primeros robots empleaban mecanismos de realimentación para corregir errores, mecanismos que siguen empleándose actualmente. Un ejemplo de control por realimentación es un bebedero que emplea un flotador para determinar el nivel del agua. Cuando el agua cae por debajo de un nivel determinado, el flotador baja, abre una válvula y deja entrar más agua en el bebedero. Al subir el agua, el flotador también sube, y al llegar a cierta altura se cierra la válvula y se corta el paso del agua.

El primer auténtico controlador realimentado fue el regulador de Watt, inventado en 1788 por el ingeniero británico James Watt. Este dispositivo constaba de dos bolas metálicas unidas al eje motor de una máquina de vapor y conectadas con una válvula que regulaba el flujo de vapor. A medida que aumentaba la velocidad de la máquina de vapor, las bolas se alejaban del eje debido a la fuerza centrífuga, con lo que cerraban la válvula. Esto hacía que disminuyera el flujo de vapor a la máquina y por tanto la velocidad.

El control por realimentación, el desarrollo de herramientas especializadas y la división del trabajo en tareas más pequeñas que pudieran realizar obreros o máquinas fueron ingredientes esenciales en la automatización de las fábricas en el siglo XVIII. A medida que mejoraba la tecnología se desarrollaron máquinas especializadas para tareas como poner tapones a las botellas o verter caucho líquido en moldes para neumáticos. Sin embargo, ninguna de estas máquinas tenía la versatilidad del brazo humano, y no podían alcanzar objetos alejados y colocarlos en la posición deseada.

Cuando escuchamos la palabra robot de inmediato nos viene a la cabeza la imagen de algún personaje de películas de ficción, o por otro lado, si escuchamos hablar de un robot industrial pensamos en la máquina que realiza actividades semejantes a las que haría una persona. La idea común que se tiene de un robot industrial, es la de un brazo mecánico articulado ya que su principal característica antropomórfica es precisamente la de un brazo humano (figura 3.1). Desde que se empezaron a construir los primeros robots industriales se supo que debían adoptar la forma del brazo humano y hoy en día la mayoría de los robots presentan esta característica. El desarrollo del brazo artificial multiarticulado o manipulador, llevó a la realidad del moderno robot industrial.

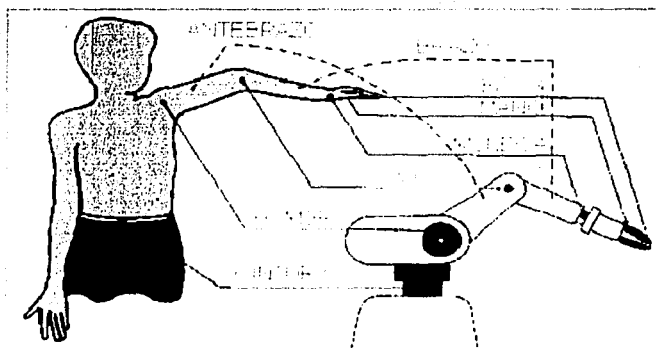


Figura 3.1.- Antropomorfología de un robot

El inventor estadounidense George Devol desarrolló en 1954 un brazo primitivo que se podía programar para realizar tareas específicas. En 1959 se construye el primer robot industrial y en 1961 se hace la primera prueba en la industria del robot UNIMATE en máquinas de inyectar piezas de aluminio en General Motors, fabricado por UNIMATION (Universal Automation). En 1975, el ingeniero mecánico estadounidense Victor Scheinman, cuando estudiaba la carrera en la Universidad de Stanford, en California,

desarrolló un manipulador polivalente realmente flexible conocido como Brazo Manipulador Universal Programable (PUMA, siglas en inglés) (figura 3.2). El PUMA era capaz de mover un objeto y colocarlo en cualquier orientación en un lugar deseado que estuviera a su alcance. El concepto básico multiarticulado del PUMA es la base de la mayoría de los robots actuales.

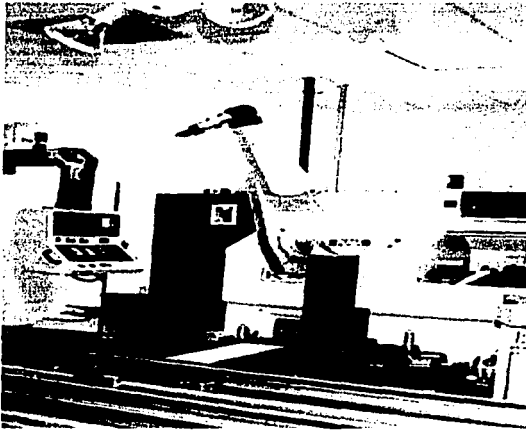


Figura 3.2.- Robot PUMA en una célula de manufactura flexible

3.2 Definición de robot

Los elementos utilizados en las máquinas herramienta de las células flexibles para el cambio de piezas y herramientas son los manipuladores y los robots.

La línea de separación entre manipuladores y robot no está muy definida en la práctica por las diferentes definiciones que de los mismos dan diferentes organismos. La mayoría de los expertos en Robótica afirman que es complicado dar una definición

universalmente aceptada. No obstante algunas de las definiciones propuestas han tenido bastante difusión.

Según la **BRA** (Asociación de Robótica Británica) un robot se define de la siguiente manera:

"Un robot es un mecanismo diseñado para manipular y transportar piezas, herramientas o útiles especiales, por medio de movimientos variables, programados para la ejecución de tareas específicas de manufactura.

Por otro lado, la **JIRA** (Japan Industrial Robot Association) también tiene su definición, aunque ésta es más general:

"Los robots son dispositivos capaces de moverse de modo flexible análogo al que poseen los organismos vivos, con o sin funciones intelectuales, permitiendo operaciones en respuesta a las órdenes humanas".

Sin embargo la definición más aceptada es la propuesta por la **RIA** (Robot Industry Association, antes Robot Institute of America) y que dice así:

"Un robot es un manipulador multifuncional y reprogramable diseñado para el movimiento de materiales, piezas, herramientas, etc. Apoyado en el uso de sensores y dispositivos que le permiten realizar diversas tareas. En otras palabras, son sistemas electromecánicos cuyos movimientos son calculados por una computadora".

Obsérvese que la definición japonesa es muy amplia, mientras que la definición americana es más concreta, por ejemplo un robot manipulador que requiere un operador "mecánicamente enlazado" a él se considera como un robot en Japón, pero no encajaría en la definición americana. Asimismo, una máquina automática que no es programable entraría en la definición japonesa y no en la americana. Una ventaja de la amplia definición japonesa es que muchos de los dispositivos automáticos cotidianos se les llama "robots" en Japón, como resultado los japoneses han aceptado al robot en su cultura mucho más fácilmente que los países occidentales, puesto que la definición americana es la que es internacionalmente aceptada.

Muchos robots están equipados con pinzas especializadas para manipular dispositivos concretos, como una gradilla de tubos de ensayo, un soldador de arco o algún elemento frágil o delicado (figura 3.3) etc. Las articulaciones de un brazo robótico suelen moverse mediante motores eléctricos. En la mayoría de los robots, la pinza se mueve de una posición a otra cambiando su orientación. Una computadora calcula los ángulos de articulación necesarios para llevar la pinza a la posición deseada, un proceso conocido como *cinemática inversa*.



Figura 3.3.- Pinza de robot

3.3 Clasificación de los robots

En una clasificación de elementos automáticos de manipulación de piezas desde las más sencillas a las complejas encontramos:

- Los manipuladores de ciclo fijo.
- Los manipuladores programables.
- Los robots de aprendizaje.
- Los robots de control numérico.
- Los robots inteligentes.

3.3.1 Manipuladores de ciclo fijo y programables

Los manipuladores son elementos sencillos dotados de un brazo terminado en una mano o pinza prensible, están dotados de dos a cuatro ejes que le permiten el desplazamiento y orientación de la misma en el espacio, aunque cada eje sólo puede controlarse secuencialmente en amplitud y velocidad de movimiento (figura 3.4).

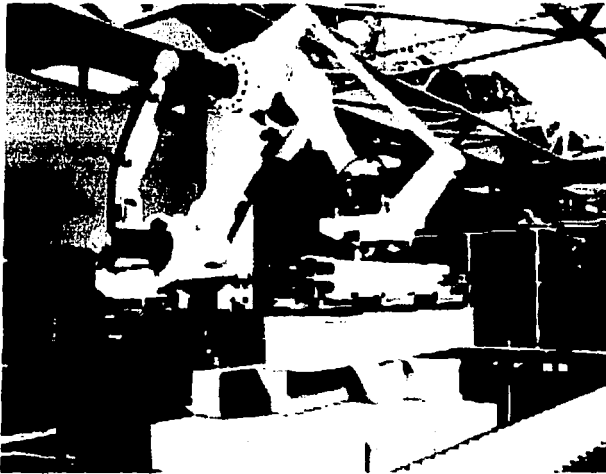


Figura 3.4.- Robot manipulador de ciclo fijo y programable

Es decir, pueden ir de un punto a otro del espacio sin posibilidad de control de puntos intermedios. Según pueda programarse o no para realizar varios ciclos se clasifican en ciclo fijo o ciclo variable. El movimiento de los brazos es, en general, por cilindros neumáticos. Se regula por topes y contactos de fin de carrera y las secuencias de movimientos se establecen hoy día mediante PLC. Se utilizan donde la seguridad es un aspecto fundamental.

3.3.2 Robot de aprendizaje

El robot de aprendizaje es un elemento capaz de memorizar y reproducir cualquier trayectoria, recorrida en una primera vez, de la mano de un operador. Los ejes son movidos por servomotores independientes que regulan la amplitud y la velocidad del desplazamiento.

3.3.3 Robot de control numérico

El robot de control numérico es, como su nombre hace suponer, un robot gobernado por un controlador numérico en el que se almacenan los programas de movimientos del mismo acuerdo con las diferentes piezas o máquinas a manipular (figura 3.5). Los lenguajes de programación son propios de la robótica, como el VAL, el AML, etc., o extensiones de lenguajes de control numérico como el APT, PADL, PROMO. Se diferencian de los robots de aprendizaje por su incapacidad total de reconocer el mando externo, son en algún sentido máquinas herramienta de control numérico no convencionales.

3.3.4 Robot inteligente

Son aquellos que tienen alguna capacidad de reconocer el mando externo y tomar decisiones, su desarrollo y aplicación industrial apenas inicia y sus logros van de la mano con la llamada inteligencia artificial. El robot inteligente dispone además de sensores de fuerzas, proximidad, visión y tacto que le permiten una cierta adaptación a las variaciones de su entorno.

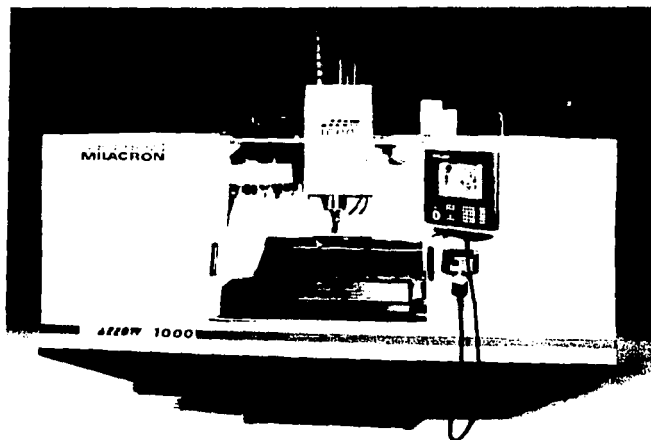


Figura 3.5.- Robot de control numérico

3.4 Tipos de robots

El concepto robot es algo más amplio que el que conocemos como "robot industrial". Basta citar a los robots empleados en astronáutica, los de rescate en fondos submarinos, los usados en películas de ficción o los vehículos automáticamente guiados. A continuación se mencionan algunos:

3.4.1 Androides

Una visión ampliamente compartida es que todos los robots son "androides". Los androides son mecanismos que se parecen y actúan como seres humanos (figura 3.6). Los robots de hoy en día vienen en todas las formas y tamaños, pero a excepción de los robots que aparecen en las ferias y espectáculos, no se parecen a las personas y por tanto no son androides. Actualmente, los androides reales sólo existen en la imaginación y en las películas de ficción.

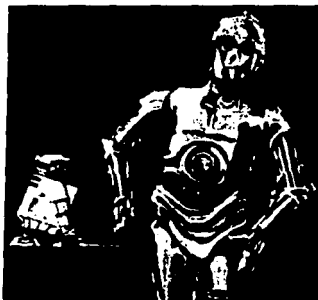


Figura 3.6.- Androide que actúa y se parece a los seres humanos

3.4.2 Robots móviles

Los robots móviles están provistos de patas, ruedas u orugas (figura 3.7) que los capacitan para desplazarse de acuerdo a su programación. Elaboran la información que reciben a través de sus propios sistemas de sensores y se emplean en determinado tipo de instalaciones industriales, sobre todo para el transporte de mercancías en cadenas de producción y almacenes. También se utilizan robots de este tipo para la investigación en lugares de difícil acceso o muy distantes, como es el caso de la exploración espacial y las investigaciones o rescates submarinos.



Figura 3.7.- Robots móviles

3.4.3 Robots médicos

Los robots médicos son, fundamentalmente, prótesis para disminuidos físicos que se adaptan al cuerpo y están dotados de potentes sistemas de mando (figura 3.8). Con ellos se logra igualar con precisión los movimientos y funciones de los órganos o extremidades que suplen.

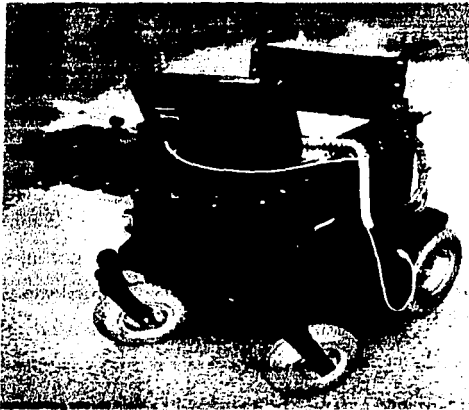


Figura 3.8.- Robots médicos

3.4.4 Robots industriales

Los robots industriales son mecanismos mecánicos y electrónicos destinados a realizar de forma automática determinados procesos de fabricación o manipulación (figura 3.9). Los robots industriales, en la actualidad, son con mucho los más frecuentemente encontrados. Japón y Estados Unidos lideran la fabricación y consumo de robots industriales siendo Japón el número uno.

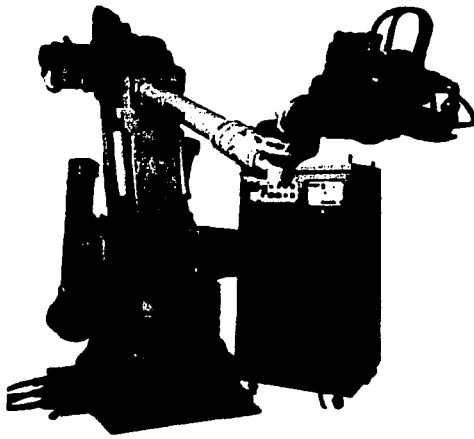


Figura 3.9.- Robot industrial

3.4.5 Teleoperadores

Hay muchos "parientes de los robots" que no encajan exactamente en la definición precisa. Un ejemplo son los teleoperadores. Dependiendo de cómo se defina un robot, los teleoperadores pueden o no clasificarse como robots. Los teleoperadores se controlan remotamente por un operador humano. Cuando pueden ser considerados robots se les llama "telerobots". Cualquiera que sea su clase, los teleoperadores son generalmente muy sofisticados y extremadamente útiles en entornos peligrosos tales como residuos químicos y desactivación de bombas.

Una de las principales aplicaciones de los teleoperadores se realiza en el espacio extraterrestre principalmente por la NASA (National Aeronautics and Space Administration), la organización más importante dentro de este aspecto, y que ha marcado un rumbo muy avanzado en cuanto a tecnologías e investigaciones.

El programa de telerrobótica espacial de la NASA está diseñado para desarrollar capacidades de telerrobótica para la movilidad y manipulación a distancia (figura 3.10). Consiste en un amplio rango de tareas de investigaciones básicas científicas para el desarrollo de aplicaciones para resolver problemas de operación específicos. El programa centra sus esfuerzos en tres áreas en especial: ensamble y servicio en órbita, cuidar los gastos científicos y robots en la superficie del planeta. Para poder aplicar correctamente las áreas dentro de su materia, el programa se encarga del desarrollo del robot completo, de sus componentes, y de la correcta creación e implantación del sistema para que los robots puedan cubrir las necesidades por completo. Su principal aplicación es el poder proveer la tecnología para las aplicaciones de telerrobótica espacial con suficiente confianza por parte de los diseñadores para que futuras misiones espaciales puedan aplicar la tecnología con toda confianza.

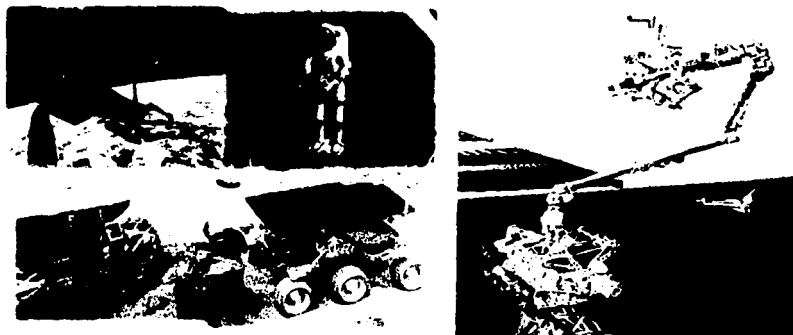


Figura 3.10.- Teleoperadores controlados por la NASA

3.5 Estructura de un robot industrial

La idea común que se tiene de un robot industrial es la de un brazo mecánico articulado pero este elemento no es más que una parte de lo que se considera robot industrial el cual tiene los siguientes elementos:

3.5.1 Manipulador o brazo

Recibe el nombre de manipulador o brazo de un robot, el conjunto de elementos mecánicos que propician el movimiento del elemento terminal (aprehensor o herramienta). Dentro de la estructura interna del manipulador se alojan, en muchas ocasiones, los elementos motrices, engranajes y transmisiones que soportan el movimiento de las cuatro partes que, generalmente, suelen conformar el brazo:

- a) Cuerpo
- b) Brazo
- c) Muñeca
- d) Elemento terminal (Gripper)

Los cuatro elementos rígidos del brazo están relacionados entre sí mediante articulaciones, las cuales pueden ser giratorias, cuando el movimiento permitido es el de rotación (figura 3.11), como sucede con todos los PUMA, o prismáticos, en los que existe un movimiento de traslación entre los elementos que relacionan.

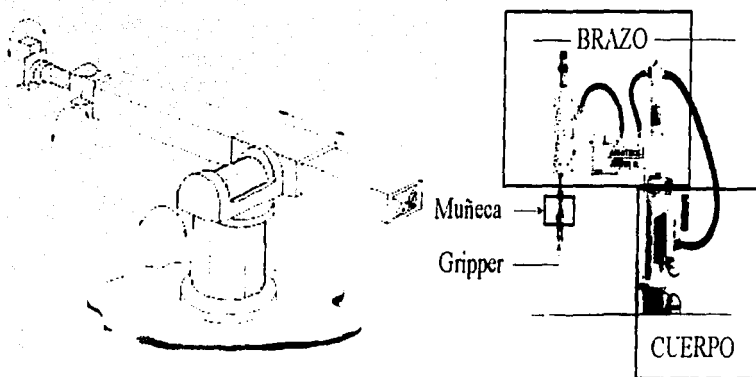


Figura 3.11.- Esquema de un brazo o manipulador

El número de elementos del brazo y el de las articulaciones que los relacionan, determinan los grados de libertad del manipulador, que en los robots industriales suelen ser seis, que coinciden con los movimientos independientes que posicionan las partes del brazo en el espacio. Tres de ellos definen la posición en el espacio y los otros tres la orientación del elemento terminal.

3.5.2 Controlador

Recibe este nombre el dispositivo que se encarga de regular el movimiento de los elementos del manipulador y todo tipo de acciones, cálculos y procesamiento de información, que se realiza (figura 3.12).

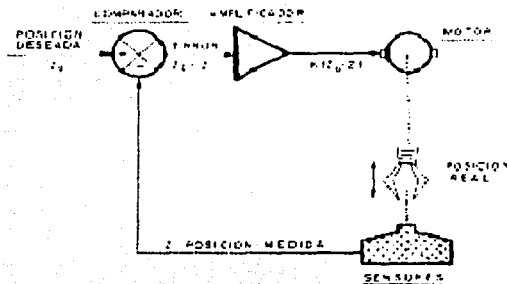


Figura 3.12.- Controlador de posición de un robot

La complejidad del control varía según los parámetros que se gobiernan, pudiendo existir las siguientes categorías:

a) Controlador de posición

Sólo interviene en el control de la posición del elemento terminal. Puede actuar en modo punto a punto, o bien, en modo continuo, en cuyo caso recibe el nombre de control continuo de trayectoria.

b) Control cinemático

Cuando además de la posición se regula la velocidad.

c) Control dinámico

Se tiene en cuenta, también, las propiedades dinámicas del manipulador, motores y elementos asociados.

d) Control adaptativo

Además de lo indicado en los anteriores controles, también se considera la variación de las características del manipulador al variar la posición.

Los sensores empleados para la determinación de la posición de los ejes de los motores motrices, pueden ser de carácter analógico o digital, como discos de plástico transparentes con rayas negras, que al girar a través de detectores ópticos, cortan el haz de luz entre emisor y detector y generan una serie de impulsos eléctricos que sirven para calcular el ángulo desplazado.

Los modernos controladores de robots son ordenadores, en los que el programa correspondiente se encarga de calcular las señales aplicadas a los actuadores, tras el procesamiento de la señal de consigna y la que procede de los transductores de posición.

3.5.3 Elementos motrices

Los elementos motrices son los encargados de producir el movimiento de las articulaciones, bien directamente o a través de poleas, cables, cadenas, etc. En base a la energía que utilizan, se clasifican en tres grandes grupos, a saber:

- a) Neumáticos.
- b) Hidráulicos.
- c) Eléctricos.

Los actuadores neumáticos emplean el aire comprimido como fuente de energía y son muy indicados en el control de movimientos rápidos, pero de precisión limitada.

Los motores hidráulicos son recomendables en los manipuladores que tienen una gran capacidad de carga, junto a una regulación precisa de velocidad.

Finalmente, los motores eléctricos son los más utilizados, por su control fácil y preciso, así como por otras propiedades ventajosas que reporta su funcionamiento, como consecuencia del empleo de la energía eléctrica.

3.5.4 Elemento terminal

A la muñeca del manipulador se acopla una garra o una herramienta, que será la encargada de materializar el trabajo previsto.

Por lo general, la problemática del elemento terminal radica en que ha de soportar una elevada capacidad de carga y al mismo tiempo conviene que tenga reducido peso y tamaño.

Como consecuencia de la amplia variedad de tareas a las que se destinan los robots, el elemento terminal adopta formas muy diversas (figura 3.13). En bastantes ocasiones es necesario diseñar el elemento terminal a medida de la operación en la que se aplica.

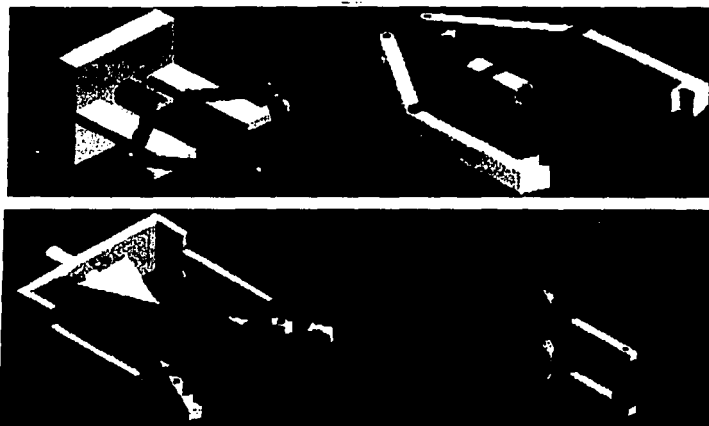


Figura 3.13.- Elementos terminales o grippers

3.5.5 Sensores de información

Los robots de la última generación tienen capacidad para relacionarse con el entorno y tomar decisiones en tiempo real, para adaptar sus planes de acción a las circunstancias exteriores. La información que reciben les hace autoprogramables, o sea, alteran su actuación en función de la situación externa, lo que supone disponer de un cierto grado de inteligencia artificial.

Las informaciones más solicitadas por los robots, son las que hacen referencia a la posición, velocidad, aceleración, fuerzas, pares, dimensiones y contorno de objetos y temperatura. Para cuantificar los valores correspondientes a estos parámetros, existen en el mercado sensores de tipo mecánico, óptico, térmico, eléctrico, ultrasónico, etc. Sin embargo, la investigación más avanzada contempla con especial atención a los transductores de visión artificial y sonido de máquinas, que posibilitan un tratamiento de la información más exacto y apropiado al ser humano.

3.6 Grados de libertad

Son los parámetros que se necesitan para determinar la posición y la orientación del elemento terminal (garra o herramienta). También se puede definir como los posibles movimientos básicos (giros y desplazamientos independientes).

3.7 Redundancias

A veces se diseñan robots en ejes dispuestos uno tras otro que no añade grados de libertad solo mejora el alcance de los movimientos.

3.8 Posicionamiento

La definición de los puntos sobre los cuales se desglosa el elemento terminal se hace mediante coordenadas y se utiliza básicamente los siguientes sistemas:

3.8.1 Coordenadas esféricas o polares

Fueron las coordenadas utilizadas por los primeros robots que salieron al mercado, en este caso el punto es definido por dos giros en planos normales y un desplazamiento axial (figura 3.14). Este robot utiliza la interpolación por articulación para moverse en sus dos primeras articulaciones y la interpolación lineal para la extensión y retracción.

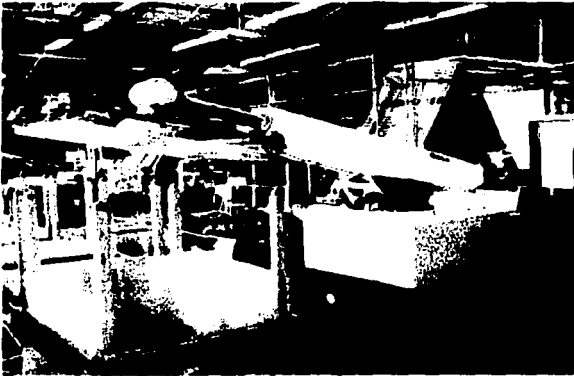


Figura 3.14.- Robot de coordenadas polares

3.8.2 Coordenadas cilíndricas

En este caso el elemento terminal es posicionado por rotación alrededor de un eje y desplazamiento en otros dos, o sea, que presenta tres grados de libertad (figura 3.15). El robot de coordenadas cilíndricas está diseñado para ejecutar los movimientos conocidos como interpolación lineal e interpolación por articulación.

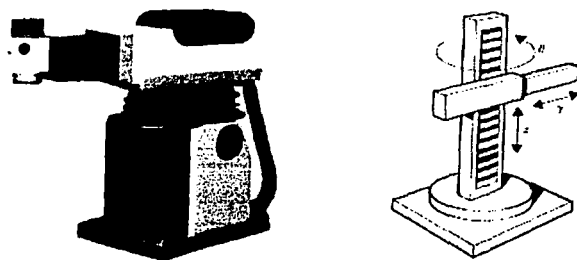


Figura 3.15.- Robot de coordenadas cilíndricas

3.8.3 Coordenadas cartesianas

Posee tres movimientos lineales, es decir, tiene tres grados de libertad, los cuales corresponden a los movimientos localizados en los ejes X, Y y Z y dispone de tres articulaciones cilíndricas que permiten el movimiento de cada uno de los ejes (figura 3.16).

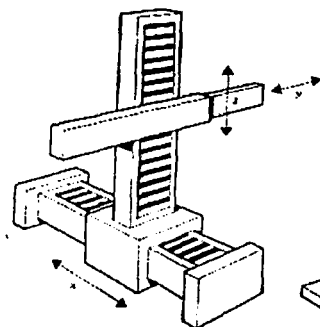


Figura 3.16.- Robot de coordenadas cartesianas

3.8.4 Coordenadas angulares

En este sistema la mano se sitúa por la posición angular de dos trazos de longitud fija y el desplazamiento en una normal a este plano (figura 3.17), o sea, presenta una articulación con movimiento rotacional y dos angulares.

Aunque el brazo articulado puede realizar el movimiento llamado interpolación lineal (para lo cual requiere mover simultáneamente dos o tres de sus articulaciones), el movimiento natural es el de interpolación por articulación, tanto rotacional como angular.

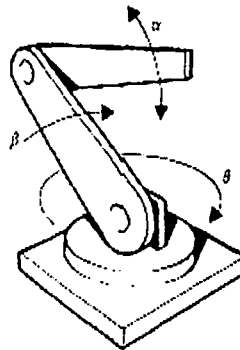


Figura 3.17.- Robot de coordenadas angulares

El conjunto de puntos en el espacio que pueden ser alcanzados por el robot constituyen su campo de acción o trabajo y queda limitado por los desplazamientos angulares o lineales que permiten las articulaciones y la longitud de los brazos. En los catálogos de los fabricantes el campo de trabajo se define por los puntos en que puede situarse la muñeca del robot sin considerar la garra y la herramienta.

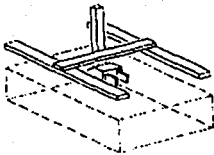
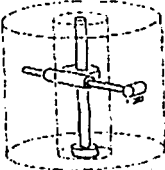
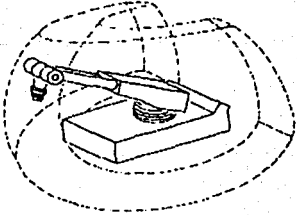
Para entender mejor la diferencia entre los movimientos que ejecutan los robots es preciso tocar el tema que se refiere al volumen de trabajo y la precisión de movimiento.

Entre las características que identifican a un robot se encuentran el volumen de trabajo y ciertos parámetros como el control de resolución, la exactitud y la repetibilidad.

El volumen de trabajo de un robot se refiere únicamente al espacio dentro del cual puede desplazarse el extremo de su muñeca. Pero para determinar el volumen de trabajo no se toma en cuenta el efector final, la razón de ello es que a la muñeca del robot se le pueden adaptar grippers de distintos tamaños.

Para ilustrar lo que se conoce como volumen de trabajo, la tabla 3.1 muestra el espacio de trabajo que resulta del movimiento que siguen los robots:

Tabla 3.1.- Volumen de trabajo que generan los robots

	El robot cartesiano y el robot cilíndrico presentan volúmenes de trabajo regulares. El robot cartesiano genera una figura cúbica.
	El robot de configuración cilíndrica presenta un volumen de trabajo parecido a un cilindro (normalmente este robot tiene una rotación de 360°)
	Los robots que poseen una configuración polar, los de brazo articulado y los modelos SCARA presentan un volumen de trabajo irregular.

3.9 Sistemas de programación y control

Se utilizan cuatro métodos fundamentales de programación considerándose los manipuladores simples y los robots propiamente dichos y son los que a continuación se mencionan:

3.9.1 Programación mediante dispositivos físicos

Sus movimientos se controlan mediante dispositivos tales como: topes, interruptores, levas de tambor, etc. Sus posibilidades de programación son bastante limitadas y sus aplicaciones se limitan generalmente a recoger y colocar.

3.9.2 Enseñando punto a punto mediante un miniteclado

En este caso el operador ordena al robot movimientos parciales en cada eje hasta alcanzar los puntos clave deseados. Una vez satisfecho con la posición obtenida la máquina graba las coordenadas desde dicho punto y así sucesivamente.

3.9.3 Enseñando mientras se acompaña al elemento terminal en toda la trayectoria

En este método el elemento terminal se provee de una empuñadura y se guía manualmente al robot siguiendo la trayectoria deseada y el robot es capaz de grabar y repetir toda la secuencia de movimientos.

3.9.4 Programación textual

Este sistema requiere más poder informático en el controlador del robot y las órdenes se proporcionan a través de un lenguaje informático el cual puede ser de dos tipos: explícitos e implícitos.

Los lenguajes explícitos sirven para dar órdenes para movimientos y acciones completas.

Los lenguajes implícitos dan al robot órdenes más generales intentando explicar el trabajo a realizar pero dejando al robot cierta libertad para que tome decisiones sobre los movimientos y acciones más convenientes.

3.10 Aplicaciones Industriales

Los manipuladores se usan, en aquellas operaciones en que se coge una pieza o herramienta siempre en el mismo sitio y se coloca también siempre en la misma posición (figura 3.18). Es, en general, el caso de los cambiadores de herramientas y de los almacenes de piezas en los centros de mecanizado.

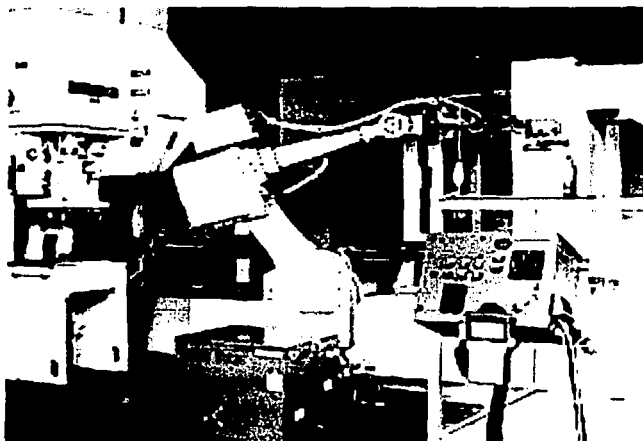


Figura 3.18.- Robot manipulador cambiador de piezas y/o herramientas

El campo de aplicación de los robots o manipuladores dentro de un SMF es muy amplio, va desde cargar y descargar las máquinas CNC de piezas y/o herramientas, como en el ejemplo anterior, hasta aplicaciones tales como aplicación de pintura o soldadura

muy comunes en la industria automotriz (figura 3.19), o también en aplicaciones donde se requiere mucho cuidado y precisión del trabajo como lo es en la industria de la electrónica para la fabricación de circuitos.



Figura 3.19.- Ejemplos de aplicaciones de robots

Los robots de aprendizaje se utilizan para la carga y descarga de piezas en centros de torneado o de mecanizado para el montaje de piezas sueltas, siempre a partir de la misma posición y sirviendo a varias máquinas.

Los robots a control numérico se utilizan en los casos en que se utilicen almacenes con varias piezas y debe programarse la prensión desde puntos variables.

Los robots inteligentes se utilizan cuando se requiere identificación y posicionamiento de la pieza, posicionamientos muy precisos, agarres complicados, etc.

No existen reglas concretas para su utilización y en cada caso debe estudiarse con minuciosidad el puesto de trabajo del robot para simplificar al máximo las prestaciones necesarias y reducir, por tanto, el costo de la instalación.

3.11 Ventajas y desventajas de los robots industriales

Los robots industriales ofrecen muchas e importantes ventajas a ser consideradas para su implementación dentro de un SMF, a continuación se mencionan algunas de las más importantes:

- Son más seguros, más fuertes y pueden trabajar de manera continua.
- Tienen menos probabilidades de cometer errores que los humanos.
- Reducen costos de fabricación.
- Como muchos de ellos son programables pueden realizar distintas tareas.
- Pueden reemplazar a los humanos en tareas peligrosas o tediosas.
- Desempeñan un papel esencial en muchos SMF.

Sin embargo, también presentan algunas desventajas importantes de mencionar a continuación:

- Su costo es elevado.
- Desplazan mano de obra.
- Su área de trabajo es limitada.
- Poco tolerante a fallos.

Las posibilidades mecánicas de los robots dependen no sólo del número de sus ejes si no también de otras características. Las más importantes son:

- Capacidad de carga manipulable.
- Volumen útil de trabajo.
- Velocidad de desplazamiento para cada eje.

- Precisión de posicionamiento.
- Repetibilidad.
- Seguridad de funcionamiento.

Si bien el robot es de por sí un elemento flexible, es necesario también que la mano pinza del mismo sea eficaz y flexible para coger todas las piezas que se van a mecanizar en la célula. Puede suceder que en ocasiones sea preciso cambiar la pinza para adaptarla a piezas muy diferentes. En este caso se precisará disponer de un sistema de cambio automático de pinza del robot.



CAPITULO 4

SISTEMAS PARA EL TRANSPORTE DE MATERIALES

4.1 Introducción

Ahora hablemos de los elementos de transporte de materiales, cuyo objetivo es el transporte de piezas entre células y almacenes. Existen diversos dispositivos que se pueden catalogar en dos grandes grupos: bandas transportadoras y vehículos guiados automáticamente (AGV: Automated Guided Vehicles).

Dentro de las células flexibles el transporte está asegurado por los mismos elementos de la célula, sean los mismos robots de carga y descarga, sean los carruseles de herramientas, cintas transportadoras, de rodillos o sistemas montados con carácter fijo entre las estaciones que constituyen la célula.

En las líneas complejas de fabricación flexible, en donde el recorrido de las piezas entre máquinas y entre éstas y los almacenes es aleatorio y las distancias son ya considerables, el sistema de transporte flexible más utilizado es el de vehículos guiados automáticamente (AGV). La figura 4.1 ejemplifica lo anterior.

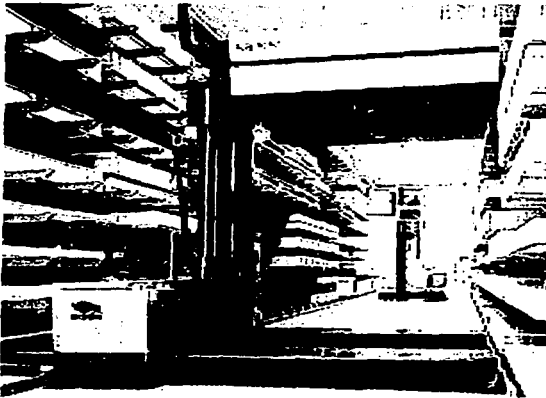


Figura 4.1.- AGVS almacenando productos terminados

El sistema de transporte de materiales debe garantizar el movimiento de piezas entre máquinas, es decir, entre sus elementos de carga y descarga y entre éstas y los almacenes.

Según la configuración del taller se trata de:

- Mantener el stock en las máquinas herramientas de las células flexibles.
- Establecer un sistema de transporte entre todas las máquinas y los almacenes en el caso de líneas flexibles.

En un SMF típico las piezas en producción y herramientas se pueden manipular y transportar por medio de los siguientes elementos:

- a) Bandas transportadoras.
- b) Brazos manipuladores (robots).
- c) Grúas.
- d) Vehículos automáticamente guiados.

4.2 Bandas transportadoras (Conveyors)

Una banda transportadora sirve para interconectar de manera continua dos o más máquinas. Actualmente existe una gran cantidad de modelos y tipos de bandas transportadoras que se adaptan a cualquier necesidad, predominando los transportadores de banda sobre cama de rodillos (figura 4.2) que se utilizan principalmente para transportar carga pesada o semipesada. Preferentemente este sistema es utilizado para transportar materiales que tienen que ser desalojados de manera constante de la planta y que no deben acumularse por alguna razón.

Los transportadores de banda sobre cama deslizante (figura 4.3) es otro tipo de transportador muy utilizado en la actualidad, sus características son las mismas que las anteriormente mencionadas, excepto que estos manejan carga ligera.

Aunque los transportadores antes mencionados son los más usados, no son los únicos disponibles en el mercado. Como componentes de un SMF, las bandas transportadoras se pueden adaptar a cualquier necesidad dependiendo de los materiales o



Figura 4.2.- Transportador de banda sobre cama de rodillos



Figura 4.3.- Transportador de banda sobre cama deslizante

productos que se van a manejar y la potencia que se requiera. Así se pueden encontrar bandas de algodón, plástico, PVC, nylon, alambre, cadenas, metálicas, elevadoras utilizadas cuando se quiere subir de nivel el material generalmente hechas con cangilones, etc.

4.3 Brazo manipulador (robot)

Estas máquinas transfieren un objeto, ya sea una parte o herramientas de un lugar a otro y su aplicación más común es la de cargar y descargar una máquina CNC de piezas y herramientas. Para asir, transportar y situar en la posición deseada las piezas o herramientas. Normalmente son necesarios para ello tres ejes principales para determinar cualquier punto en las tres coordenadas espaciales, así como tres ejes de orientación adicionales en la pinza para colocar la pieza en la posición adecuada mediante giro, inclinación y rotación de la misma.

4.4 Grúa transportadora

Se utilizan para manipular piezas relativamente grandes dentro de un sistema de almacenamiento aunque su uso se puede extender a servir a las máquinas CNC directamente. Las grúas transportadoras, al igual que las bandas transportadoras, pueden encontrarse en diversas formas y modelos, pero las más comunes son las grúas viajeras (figura 4.4)

4.5 Vehículos automáticamente guiados (AGV).

Existe una amplia variedad de vehículos automáticamente guiados que operan dentro de los SMF y en muchas ocasiones han reemplazado a otros elementos que han servido tradicionalmente para el transporte de piezas como son las bandas transportadoras. Se pueden clasificar de la forma siguiente:

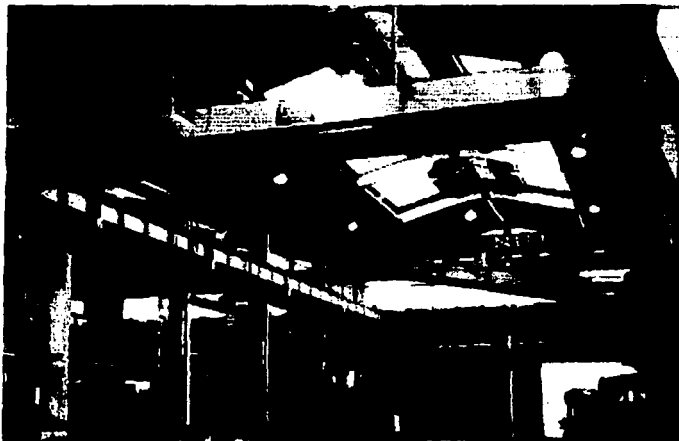


Figura 4.4.- Grúa viajera para el transporte de materiales.

- Vehículo con brazo manipulador integrado el cual es capaz de manipular una amplia variedad de piezas.
- Vehículo especializado en manejar un solo tipo de carga.
- Un tractor que arrastra a varios carritos.

Pueden definirse como vehículos autopropulsados, capaces de seguir automáticamente una trayectoria variable según un patrón flexible, es decir, fácilmente modificable.

Este sistema de transporte puede desglosarse en tres partes:

- El vehículo.
- El sistema de tráfico.
- El sistema de gestión.

El vehículo está formado por una plataforma con una capacidad de carga de 50 a 2000 Kg. que se mueve a una velocidad de hasta 5 m/s sobre cuatro ruedas con neumáticos, de los cuales dos son motrices, en general tienen dos sentidos de marcha. El accionamiento es por motor de corriente continua alimentado por una batería de 12 ó 24 V. Precisa, por tanto, un frecuente cambio, recargado de baterías. Dispone de elementos de seguridad, entre ellos un parachoques que, al colisionar, detiene el vehículo. El parachoques es retráctil en una distancia equivalente a la distancia de frenado a la velocidad máxima. Algunos disponen de sensores de proximidad. Se fabrican variantes para actuar como plataforma de carga, cabeza tractora de un tren, carretilla de herramientas o carretilla elevadora.

El sistema de tráfico está formado por:

- Los circuitos o caminos a recorrer.
- Los puntos de carga y descarga.
- Los puntos de comunicación.
- Indicadores de tráfico.

4.5.1 Sistema de guiados en los AGV

De acuerdo a los sistemas de guiado los AGV se pueden clasificar en la forma siguiente:

- a) Aquellos que se programan a bordo
- b) Aquellos que se guían por fuera del vehículo

Para estos últimos el seguimiento de la trayectoria establecida utiliza básicamente dos sistemas, el óptico y el filoguiado.

4.5.2 El óptico

El vehículo sigue una línea marcada en el suelo con una sustancia fluorescente que, al ser activada mediante una luz ultravioleta, es detectada por dos células fotoeléctricas en la base del vehículo (figura 4.5). Al variar la frecuencia de la luz ultravioleta, la señal

detectada es distinta y permite pasar de un tramo del circuito a otro tramo. Si una célula se sale fuera de la línea, no recibe señal y el vehículo corrige su posición hasta que las dos células estén activas.

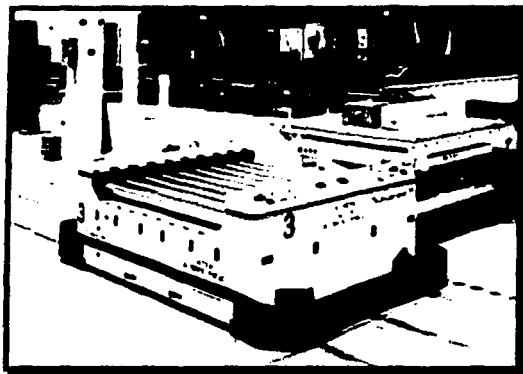


Figura 4.5.- AGV siguiendo una trayectoria óptica

Este sistema, muy fácil, barato de instalar y de modificar, tiene el inconveniente de precisar unas condiciones de suelo y de ambiente muy apropiados que no son en general las de un taller mecánico.

4.5.3 El guiado inductivo o filoguiado

Es el más utilizado. El circuito está formado por un conductor enterrado en el suelo a una profundidad de 15 a 30 cm, recorrido por corrientes de muy baja intensidad, unos 400 mA a unos 40 V y a baja frecuencia. El campo magnético generado interacciona con dos bobinas situadas en la parte delantera del vehículo, que en función de la diferencia de las señales en cada bobina autocorrigue su trayectoria. Cada tramo del circuito tiene una frecuencia distinta y esto permite al vehículo cambiar de trayectoria (figura 4.6).



Figura 4.6.- AGV siguiendo una trayectoria inductiva o filoguiado

La comunicación con el sistema central se efectúa en unos puntos fijos del recorrido conectados al ordenador central, el cual está provisto de una antena y, a través de la antena del vehículo, intercambian información determinando nuevos trayectos, paradas, etc. Con ello el sistema sólo tiene una información discontinua y unos pocos puntos. Para mejorar la posibilidad de comunicación se efectúan pruebas con sistemas por infrarrojos, por radio, etc.

Otros sistemas pasivos en el circuito sirven para que el vehículo identifique puntos de carga y descarga, cruces, curvas, etc.

El sistema de control consta de tres niveles:

- A nivel del vehículo para control del accionamiento, de los sensores, de las comunicaciones y chequeo de las baterías y demás componentes.
- A nivel de sistemas de transporte, que gestiona al tráfico asignando rutas y cargas.
- A nivel del suelo en el que el controlador genera las frecuencias de ruta, regula el tráfico y controla el vehículo.



CAPITULO 5

APLICACIONES

5.1 Entorno mundial

En países industrializados como Japón, Estados Unidos, Alemania, etc., los sistemas de producción automatizados han desplazado casi por completo a los métodos tradicionales, contrario a lo que pasa con países subdesarrollados como el nuestro en que los sistemas automatizados apenas se empiezan a adoptar. Al estar inmersos en el proceso de globalización que vivimos en la actualidad, estos países han adoptado los sistemas automatizados porque su desarrollo económico se debe en gran medida a la modernización de sus sistemas productivos, esto es, incorporar en sus industrias los SMF.

Sin lugar a dudas, los países industrializados siguen fabricando maquinaria convencional, pero lógicamente, no para consumo interno, sino para venderlo a países subdesarrollados como el nuestro.

Los SMF tienen un amplio campo de aplicaciones, la flexibilidad que ofrecen de poder reaccionar fácilmente a cambios de especificación del producto con alta calidad han hecho de este sistema de fabricación el más importante que se tiene hoy en día. Se pueden adaptar casi en cualquier industria, por ejemplo: la textil, farmacéutica, alimentos, química, electrónica, aeronáutica, etc. Sin embargo donde tiene sus principales aplicaciones es en la industria manufacturera, pues es donde aplica plenamente sus principales características. Otra aplicación muy importante se da en la industria aeronáutica, principalmente en Estados Unidos y los países que son potencias militares, ya que, como recordaremos el desarrollo de estos sistemas se dio después de la Segunda Guerra Mundial cuando los métodos convencionales se vieron limitados por la fabricación de aviones más sofisticados.

Otra aplicación muy importante se da en la industria automotriz, de aquí vienen los antecedentes más próximos de lo que actualmente se conoce como SMF. Actualmente la mayoría de las plantas ensambladoras de autos cuentan con SMF que les permite producir una gran cantidad de autos de diferentes modelos y colores y sobre todo con elevada calidad, lo que le ha permitido a esta industria ser de las principales a nivel mundial.

Como su nombre lo indica los SMF ofrecen una gran flexibilidad, son sistemas que se adaptan a cualquier necesidad, se encuentran desde un módulo de manufactura flexible, una línea o el taller flexible, según se requiera. Además, es el único sistema de producción que nos ofrece los cuatro elementos básicos necesarios hoy en día: automatización, flexibilidad, productividad y optimización de costos.

Son sistemas que no sólo se pueden adoptar en grandes fábricas, por ser ideales para la producción por lotes, se pueden emplear en pequeños talleres que requieran tal vez de un módulo o una célula de manufactura. A continuación se citarán algunos ejemplos donde los SMF cambiaron por completo las producciones.

5.2 Automatización de una línea de producción en una embotelladora

Se trata de una embotelladora de vinos en la que se pretende elevar la producción de la embotelladora, reducir el número de botellas rotas y cumplir con los niveles de ruido establecidos por las normas gubernamentales.

5.2.1 La instalación

La línea de la embotelladora, con una capacidad de 12,000 botellas por hora, comprende:

- Una máquina de llenado de botellas.
- Una máquina encochadora.
- Una máquina de encapsulado.
- Una máquina de plegado previo.
- Una máquina plegadora.
- Tres bandas transportadoras.

Estas máquinas son accionadas por motores de CA que varían de 0.5 a 5 kW.

5.2.2 El problema presentado

El objetivo era controlar y regular, en una base continua, el suministro de botellas a las máquinas de la línea, tanto en condiciones nominales de operación como en el caso de incidentes, para evitar golpes o la acumulación excesiva de botellas (figura 5.1). La línea debe permitir el procesamiento de dos tipos de botellas. Debe tener la capacidad de comenzar en condiciones tanto de carga completa como sin carga, y debe permitir la operación a baja velocidad para el escurrimiento. La figura 5.2 muestra el esquema de funcionamiento de la embotelladora.

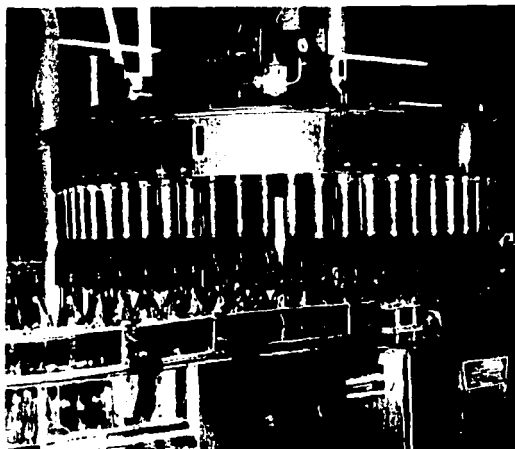


Figura 5.1.- Control del proceso de llenado de botellas

5.2.3 La solución

La solución se eligió en base a la sincronización de las máquinas y de las bandas transportadoras contando el número de botellas que hay entre las máquinas y controlando la velocidad del motor de cada unidad.

5.2.4 Beneficios adicionales

El proyecto de automatización fue puesto en práctica de manera satisfactoria con un mínimo de cambios a las instalaciones anteriores; en especial, se conservaron los motores existentes. Además, el concepto de automatización modular permite la fácil adaptación a cualquier cambio posterior en las instalaciones (nuevas máquinas) o en la operación (nuevos tipos de botellas).

5.3 Corte y manejo de vidrio

El aumento en la cantidad de vidrio laminado y placas de vidrio utilizado en los bloques para las oficinas modernas, tanto aislantes como compuesto, en los parabrisas en la industria automotriz y en la manufacturera de espejos exige altos niveles de productividad continua. Para ser competitivos en este mercado, se requiere un progreso no sólo en lo que se refiere a la tecnología de hornos sino también a la automatización.

5.3.1 La instalación

La línea de vidrio permite la producción del mismo, vaciando el vidrio fundido salido del horno y vertiéndolo en una superficie de estaño líquido en una atmósfera inerte. De esta manera, se forma una película completamente plana con lados paralelos, la cual es reforzada al volverla a calentar (figura 5.3). Las tiras sólidas obtenidas con una temperatura menor a 100°C, y aproximadamente 4 m de ancho, con bordes regulares y un espesor entre 3 y 10 mm, dependiendo de la velocidad de extracción, son sometidas a varias operaciones:

- Detección de defectos (burbujas, fragmentación...)
- Ajuste de bordes y corte de hojas a las longitudes comerciales (1 a 6 m)
- Corte y transporte a estaciones elevadas donde las hojas cortadas se colocan en pilas verticales para su almacenamiento y procesamiento posterior.



Figura 5.3.- Proceso automatizado de la fabricación del vidrio

Como el horno debe operar las 24 horas del día y sólo puede ser interrumpido cada 9 años, la planta debe lograr un tiempo cero de improductividad. La capacidad de producción es de 600 toneladas por día.

5.3.2 El problema presentado

El corte longitudinalmente en movimiento debe ser completamente automático. El objetivo es reducir al mínimo el desperdicio de vidrio considerando los pedidos almacenados y las fallas detectadas. El transporte y enrutamiento de las hojas debe llevarse a cabo de acuerdo con la disponibilidad y capacidad de las estaciones elevadas. Finalmente, la operación de los elevadores de acuerdo con los datos de referencia deberá ser independiente del orden aleatorio de la llegada de las hojas preparadas.

5.3.3 La solución

Esta consiste en adoptar una arquitectura redundante integrada del proceso:

- Controles redundantes para la estructura de corte, la línea principal de producción y los elevadores.
- Supervisión total redundante desde un cuarto central de control.

Estructura de corte: un controlador programable recopila los datos de la posición y velocidad de las tiras de vidrio. Considerando los cinco posibles programas de corte y las fallas detectadas en el vidrio, un algoritmo de optimización calcula un plan de corte para reducir al mínimo el desperdicio de vidrio.

Los abscesos de corte calculados son transmitidos a un sistema de control digital con redundancia del maestro. El sistema comprende seis controladores diseñados para:

- Monitorcar el movimiento del vidrio.
- Mantener la posición correcta de la banda transportadora de las herramientas de corte en todo el recorrido de corte.

- Controlar los movimientos ascendentes y descendentes de la herramienta a las posiciones programadas.
- Asegurar el regreso y re-alineación de la banda.

El sistema de control digital utilizado, proporciona una precisión de ± 1 mm superior a la longitud de corte y ± 2 mm de la forma cuadrada. La figura 5.4 muestra el esquema de funcionamiento del proceso de producción.

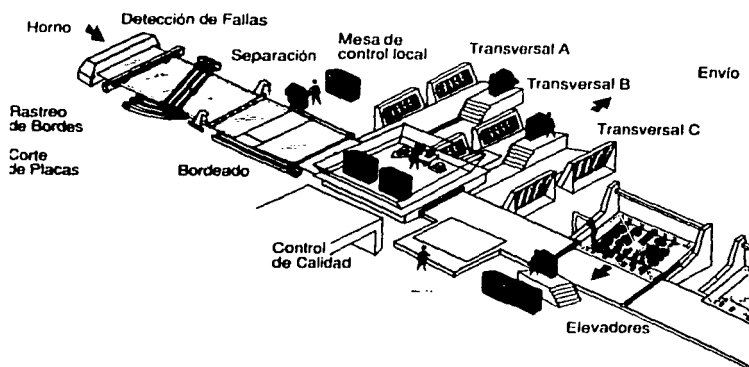


Figura 5.4.- Diagrama del proceso automatizado de la fabricación de vidrio

5.4 Producción de azulejos de plástico

Para decorar los pisos igual que las paredes, la industria del plástico ha diseñado una gama de azulejos de plástico para piso, modelados, fáciles de instalar. Para la comercialización de estos azulejos diseñados fue necesario construir una modernísima planta de producción (figura 5.5).

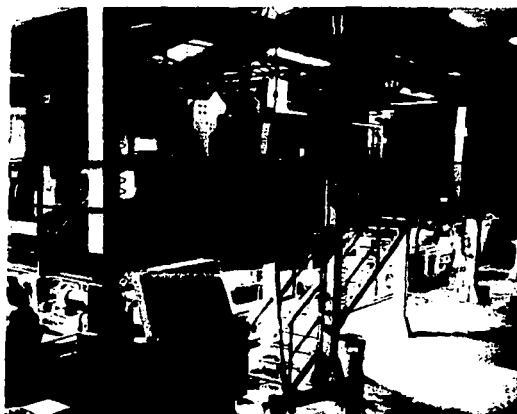


Figura 5.5.- Fabricación automatizada de azulejos de plástico

5.4.1 La unidad de producción

La planta incluye la instalación para proporcionar la materia prima (plastificantes, gránulos y yeso), mezclándolos y procesándolos en una mezcladora. La masa fundida obtenida es enviada a la línea de manufactura que incluye varios procesos u operaciones:

- Calendrado, modelado, tallado (o grabado), horneado retardado, corte y el tratamiento final de estabilización mediante calor, se llevan a cabo en un proceso continuo, y finalmente los azulejos terminados son descargados en las estaciones de empaque. La velocidad de la línea puede alcanzar hasta los 70 m/min, con una producción de cinco azulejos por segundo.

5.4.2 El problema presentado

Es necesario asegurar la producción adecuada de azulejos, controlar los procesos de la instalación y proporcionar la flexibilidad adecuada. La línea de manufactura muestra un diseño seccional. La calidad de sus productos terminados, particularmente en lo que

respecta al grosor, formato, centrado del modelado y tallado, depende de la perfecta sincronización de las secciones.

La solución convencional consiste en instalar un solo eje de mando en toda la línea, para el mando de todas las secciones. Esto requiere un sistema mecánico complicado lo que implica la existencia de ruido y vibraciones y ofrece muy poca flexibilidad para los ajustes.

5.4.3 La solución

Se propuso abandonar el sistema mecánico sincronizado proyectado inicialmente, y reemplazarlo por un sistema completamente eléctrico. Los motores de las diferentes secciones se encuentran conectados a los variadores de velocidad controlados por un sistema programable. Este sistema supervisa toda la línea y asegura la perfecta sincronización de los motores principales; los generadores lo mantienen informado sobre sus velocidades reales. La figura 5.6 muestra el esquema del proceso.

Diagramas esquemáticos de la línea y control

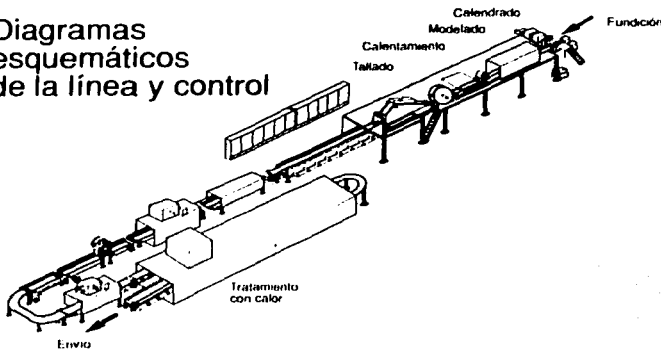


Figura 5.6.- Esquema de la producción automatizada de azulejos de plástico

El rendimiento del sistema es tal que en operación continua, el desplazamiento entre los dos motores permanece menor de $\pm 2^\circ$. Dieciséis controladores de voltaje controlan los tubos infrarrojos de los hornos estabilizadores.

La instalación es controlada desde una consola y una terminal de pantalla de video; la terminal esta diseñada para la visualización, entrada y modificación de los parámetros (velocidades, pérdidas, repartición,...).

5.4.4 Mejoras permanentes

La estructura del sistema de automatización elegido convierte a la unidad de producción en una instalación modular. Proporciona un alto grado de flexibilidad y facilita tanto el ajuste fino como las mejoras subsecuentes. Promueve el desarrollo continuo para mejorar tanto el proceso como los productos terminados. Finalmente, el sistema automatizado puede proporcionar datos para un futuro sistema de control de producción.

5.5 Línea robotizada de lacas

La compañía de autos Peugeot cuenta con su planta ensambladora totalmente automatizada, pero surge un problema: ¿cómo pintar en una sola línea que funciona continuamente, 16 tipos de vehículos, elegir entre 25 colores y garantizar una producción de 45 vehículos por hora?

La línea aquí descrita incluye 3 estaciones de pintura independientes, 2 de las cuales utilizan robots. Esta pilotada por un sistema de control automático que controla y manda la totalidad de las operaciones. Además, los sistemas de control reciben y suministran información a un calculador encargado de la gestión de la producción.

5.5.1 La línea de lacas

Las carrocerías tras haber recibido un tratamiento anticorrosivo y una capa de apresto, llegan a la entrada de la línea de pintura para la aplicación de lacas y barnices. Arrastradas por un transportador aéreo que avanza de manera continua, pasan sucesivamente por 3 estaciones de pintura independientes. Las dos primeras, constituidas cada una por un par de robots que trabajan frente a frente, sirven únicamente para la aplicación de la primera capa (figura 5.7). La 2ª capa es realizada por la 3ª estación que incluye 8 pulverizadores electrostáticos de alta tensión de los cuales 6 son laterales y 2 verticales. Las carrocerías pasan luego al horno de cocción.



Figura 5.7.- Línea flexible de pintura de autos Peugeot

En el transportador, los vehículos se suceden en un orden preestablecido, pueden ser de tipo y de pintura diferentes.

Características principales:

- Producción nominal: 45 vehículos por hora.
- Velocidad del transportador 6 metros por minuto.
- Posibilidad de pintar 16 tipos de vehículos en 25 colores diferentes.

5.5.2 El problema planteado

Esta línea de pintura debe ser automatizada completamente y es necesario tener en cuenta numerosos parámetros de regulación. El objetivo es disponer de una instalación fiable para la ejecución perfecta de todas las operaciones exigidas, de un manejo cómodo y de fácil regulación cuando se modifica el tipo de vehículo o el color.- La instalación debe ser además, capaz de suministrar numerosas informaciones para la producción y el mantenimiento. Esta línea debe pues, alcanzar un alto nivel de productividad y de calidad.

5.5.3 La solución

Consiste en adoptar para los sistemas de control una estructura jerarquizada y distribuida. La línea se ha separado en 4 estaciones.

El sistema incluye:

- Una estación de indexación que sirve para la identificación de los vehículos al comienzo de la línea mediante 2 estaciones de indexación (tipo y pintura), así como para el seguimiento de dichos vehículos a lo largo de la línea.
- Dos estaciones robots que sirven para el control de las pistolas de pintura, sus diferentes circuitos (cebado, purga cuando hay cambio de pintura...), así como la supervisión de los 4 robots.

La figura 5.8 muestra el esquema del proceso automatizado de pintura de los autos.

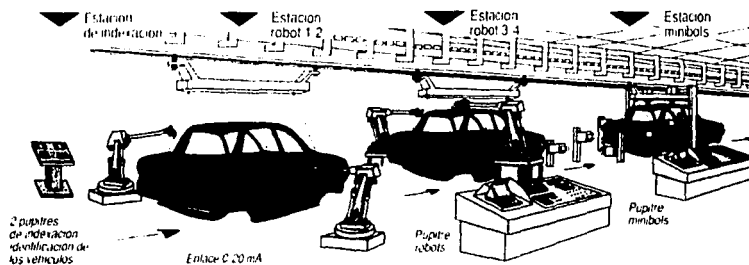


Figura 5.8.- Esquema del proceso automatizado de pintura de autos

5.5.4 Una mejor calidad

Además de un mejor control de los parámetros de pintura que garantizan un acabado idéntico de un vehículo al otro, y por consiguiente una mejora de la calidad, la reducción del personal sometido al ambiente nocivo de la cabina de pintura es un factor real de progreso. Esta línea altamente automática brinda una gran flexibilidad de utilización, ya que el personal puede intervenir en diferentes puntos de la línea. La automatización ha permitido alcanzar la flexibilidad y competitividad exigidas por las instalaciones de este sector de actividad.

5.6 Línea flexible de ensamblado

Preocupada siempre por controlar sus costos de producción para mantener la competitividad en el mercado, una fábrica de producto electromecánico ha desarrollado un método global de acuerdo con el concepto de la producción informatizada. Se construye con este método respondiendo a las exigencias de flexibilidad, fiabilidad, disponibilidad, calidad y costo (figura 5.9).



Figura 5.9.- Centro automatizado de manufactura flexible

5.6.1 El objetivo

Para asegurar:

- La adaptación progresiva de la capacidad a la demanda.
- La fabricación del conjunto de la familia de productos optimal 25, con cero defectos.
- La evolución del producto y de su proceso de ensamblado.
- La reducción de los tiempos de fabricación y de los stocks.
- La integración del concepto de producción "justo a tiempo" en el sistema de gestión de la empresa.

5.6.2 La fabricación

Ocupa una superficie de 1000 m² y lo manejan 10 personas. Se compone de:

- Dos líneas de ensamblado de 30 estaciones modulares asociadas a un trasfóreo libre que transporta 200 piezas.
- 1 unidad de almacenamiento dinámico y de manutención (1000 cajas), y carros filoguiados que aseguran la logística de las líneas.
- 1 célula de inyección para la fabricación de las cajas de toda la familia de productos.

5.6.3 La estructura

El sistema jerarquizado y descentralizado, cubre el conjunto de los 5 niveles de la producción informatizada. Comprende:

- 1500 captadores.
- 600 cilindros y 60 robots manipuladores.
- 33 PLC's, 1 mando de robot.
- 4 microprocesadores IBM y 1 supervisor monitor 77.

5.6.4 La ejecución del proyecto

El equipo de proyecto ha efectuado una división por niveles de funcionamiento desacoplados, lo que ha permitido una buena evolución de la inversión. La realización, que comenzó por los niveles 0 y 1, fue efectuada por islotes separados, tratados paralelamente para obtener el plazo más corto de comienzo de la explotación. Los sistemas de tratamiento han permitido la adquisición de todas las informaciones necesarias, en sentido ascendente y descendente (automatismos de estaciones, líneas...) para que la integración del conjunto en el sistema de gestión de la sociedad se haya realizado con facilidad. La figura 5.10 muestra el esquema de funcionamiento de la línea de ensamblado flexible.

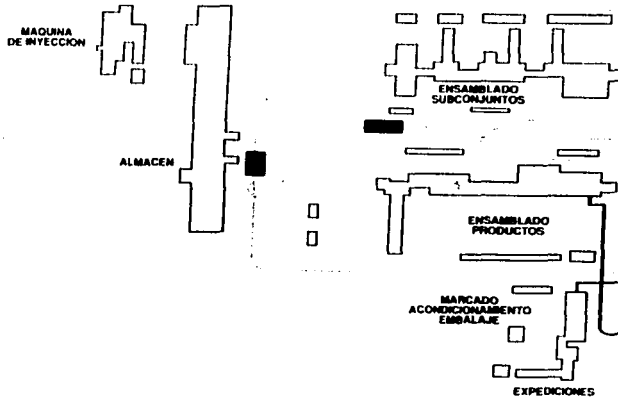


Figura 5.10.- Esquema de funcionamiento de una línea flexible de ensamblado

5.6.5 La fábrica del futuro

Actualmente, completamente operacional, la línea ha podido terminarse en los plazos previstos y bajo las condiciones impuestas por el mercado (compromiso entre cadencia, costo de producción, nivel óptimo de calidad). Permite la fabricación de numerosas variantes de la gama de productos. La duración de circulación de un producto en la línea es inferior a 2 horas y el plazo de puesta a disposición del primer producto de un pedido de fabricación es inferior a 15 minutos.

**TESIS CON
FALLA DE ORIG**

CONCLUSIONES

Desde que el hombre apareció en la tierra pasaron muchos miles de años de constante evolución para llegar al estado actual de desarrollo, sin embargo, sólo se necesitaron de unos cuarenta años para que los SMF se convirtieran en la herramienta de producción más eficiente con que se cuenta hoy en día. Así, después del trabajo realizado se pueden establecer las conclusiones siguientes:

1. Los SMF son los sistemas de producción más utilizados hoy en día, sobre todo en los países desarrollados, porque son los únicos que pueden ofrecer automatización, flexibilidad, productividad, calidad y optimización de costos, aspectos fundamentales para la fabricación de productos.
2. Son sistemas muy versátiles, ya que se pueden adaptar a cualquier necesidad o aplicación. Debido a la enorme flexibilidad que ofrecen, lo mismo se pueden emplear en la industria textil, química, electrónica, automotriz, manufacturera, alimentos, metalurgia, plásticos o aeronáutica, etc. Al funcionar desde un simple módulo de manufactura, una celda con dos, tres, cuatro o las máquinas que se necesiten, una línea flexible con cualquier número de estaciones, hace de los SMF la mejor opción para cualquier empresa o industria.
3. Para flexibilizar el proceso de fabricación, se reducen al mínimo los tiempos de preparación de máquinas; se automatizan almacenes, transportes, manutención de máquinas y se flexibiliza la mano de obra con una mayor capacitación.
4. La disminución de la participación de la mano de obra, junto con la disminución de gastos y aumento de la utilización de los equipos, proporciona las tasas de productividad necesarias para mantener costos competitivos en un producto con prestaciones y calidad adecuadas y una amplia gama de variantes.
5. Los SMF implementan técnicas de CAD-CAM para reducir tiempos de diseño y de planificación de nuevos procesos.

6. En los SMF el objetivo de calidad total sustituye a los métodos clásicos de inspección de calidad.
7. La flexibilidad permite que todo, disponiendo de una producción automatizada, pueda reaccionar fácilmente a cambios de especificación del producto sea en forma, en material, en condiciones de mecanizado, o a cambios de programas de fabricación.
8. En la actualidad, es fundamental para cualquier empresa la eficiencia de su sistema de producción, para conseguir la rentabilidad y en consecuencia competitividad de las empresas en las actuales condiciones del mercado es necesario un nuevo planteamiento en sus políticas de producción que vayan acorde con los modernos sistemas de producción, esto es posible con los SMF.
9. Debe considerarse que los SMF desplazan en gran escala la mano de obra no calificada, por lo tanto debe contemplarse la integración de la misma a otras actividades antes de implementar un SMF.

BIBLIOGRAFIA

1. El Taller y el Robot
Benjamin Coriat
Ed. Siglo XXI
2. La Fábrica Flexible
Rafael Ferré Masip
Ed. Marcombo
3. Flexible Manufacturing
P. T. Bolwin, J. Boorsma. Et. Al.
Ed. Elsevier
4. Modelling and Design of Flexible Manufacturing Systems
Andrew Kusiak
Ed. Elsevier
5. Flexible Manufacturing Systems
Kathryn E. Stecke, Rajan Suri
Ed. Elsevier
6. Fabricación Asistida por Computador-CAM
Rafael Ferré Masip
Ed. Marcombo

7. Sistemas de Manufactura Flexible
Greenwood
Ed. Marcombo
8. Fabricación Integrada por Ordenador (CIM)
José Ma. Arnedo Rosel
Ed. Marcombo
9. Principios de Ingeniería de Manufactura
Stewart c. Black, Vic Chiles. Et. Al.
Ed. CECSA
10. Computer-Aided Design and Manufacture
C. B. Besant, C. W. K. Lui
Ed. Ellis Horwood
11. Integrated Manufacturing
Gerelle and Stark
Ed. Mc Graw Hill
12. Computer-Integrated Manufacturing, Handbook
Teicholz and Orr
Ed. Mc Graw Hill